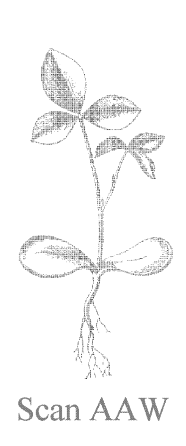
Л. БОБРОВ * В ПОИСКАХ ЧУДА



Л. БОБРОВ

В ПОИСКАХ ЧУДА



Издательство ЦК ВЛКСМ
«Молодая гвардия». 1968

001
Б-72

Это книга о разведчиках, имена которых отсутствуют в известных «шпионских» хрониках. О следопытах незнаемого, которые повседневно, чаще всего буднично, незаметно, без претензий на «бронзы многопудье» ведут свой многотрудный поиск, совершая нередко настоящие подвиги во имя истины, во имя человека, во имя мира на всей планете. Да, подвиги, ибо их деятельность требует не только ума, не только трудолюбия, но и мужества. Еще Маркс говорил, что у входа в храм науки, как и в преддверии ада, должно быть выставлено требование: «Здесь нужно, чтоб душа была тверда, здесь страх не должен подавать совета». И еще говорил Маркс: «В науке нет широкой столбовой дороги, и только тот может достигнуть ее сияющих вершин, кто, не страшась усталости, карабкается по ее каменистым тропам».

Неторными, тернистыми тропами шла советская наука к ее нынешним высотам. Какое наследство оставила ей царская Россия? Малограмотное население. Острая нужда в специалистах, учебных заведениях, научных учреждениях А тут еще разруха, голод, саботаж «старой интеллигенции»... Потом была война, унесшая миллионы жизней, истощившая экономику, отвлекшая науку от ее мирных дел... И все же, несмотря на все невзгоды и суровые испытания, наш народ за короткий период — всего за полвека! — достиг сияющих вершин в науке и технике и заставил весь мир говорить о «русском чуде».

Здесь упомянуты не все, увы, далеко не все, кого хотелось бы, кого нужно назвать, — история еще воздаст им должное.



Я ПАМЯТНИК ВОЗДВИГ...

Когда-нибудь человечество поставит памятники выдающимся изобретениям — инструментам, машинам, приборам, конструкциям. Памятник первому Спутнику — воплощение этой надежды. То будут монументы в честь коллективного разума. Он достоин бронзы, мрамора и стали!

Д. Данин

Летописцы древности насчитывали семь чудес света. А их, оказывается, было вовсе и не семь.

Видел я стены твои, Вавилон, на которых просторно
И колесницам; видал Зевса в Олимпии я,
Чудо висячих садов Вавилона, колосс Гелиоса
И пирамиды — дела многих и тяжких трудов;
Знаю Мавзола гробницу огромную. Но лишь увидел
Я Артемиды чертог, кровлю вознесший до туч,
Все остальное померкло пред ним, вне пределов Олимпа
Равной ему красоты солнце не видит нигде...

Этот стихотворный реестр, включающий семь названий, принадлежит греческому поэту Антипатру Сидонскому (II—I века до нашей эры). Римский историк Плиний Старший добавил сюда еще маяк, воздвигнутый на острове Фарос близ Александрии. Впрочем, нет, не добавил — ввел в список, вычеркнув из него фортификационные сооружения Вавилона. В некоторых сочинениях, напротив, сохранены именно вавилонские твердыни — на сей раз за счет вавилонских же висячих садов («садов Семирамиды»); вероятно, темпераменту автора импонировала скорее устраша-

ющая мощь военных укреплений, нежели мирное благолепие зеленых кущ. Зато другие, видимо предпочитая рискованным одиссеям добровольное заточение в прибежище знаний, давали отставку Фаросскому маяку, чтобы заполнить вакансию Александрийской библиотекой. Эллины патриотично ратовали за алтарь Зевса в Пергаме, а римляне (не менее патриотично) — за амфитеатр Колизей.

Средневековая христианская литература, стремясь обезопасить читательские мозги от малейших рецидивов языческой ереси, пыталась канонизировать в ранге «чудес» Ноев ковчег, Вавилонскую башню, храм царя Соломона и прочие библейские «дива» вместо античных памятников, порожденных культом многобожия (статуя Зевса в Олимпии, Гелиоса в Родосе, чертоги Артемиды в Эфесе).

В 1966 году издательство «Наука» выпустило книгу А. А. Нейхардт и И. А. Шишовой «Семь чудес древнего мира». В ней рассказано о египетских пирамидах, висячих садах Вавилона, храме Артемиды в Эфесе, галикарнасском мавзолее, колоссе острова Родос, статуе Зевса в Олимпии и Фаросском маяке — их вроде бы чаще других относили историки разных времен и народов к классическому комплекту инженерно-архитектурных шедевров.

Чаще других... Значит, за много столетий люди так и не пришли к единому мнению.

Насколько же труднее сделать такой выбор среди нынешних научно-технических достижений! Даже если ограничить себя рамками последнего пятидесятилетия. Даже если рассказывать лишь о том, что создано в нашем Отечестве.

В 1947 году вышел «Юбилейный сборник», состоящий из двух томов крупного формата, более 700 страниц в каждом. «Его задача, — читаем в предисловии, — дать некоторые примеры достижений нашей науки за 30 советских лет. Сборник, конечно, не может показать все важнейшие результаты советской науки даже в рамках одной академии. Велика, необычайно разнообразна и с большим трудом обозрима

современная наука, поднявшаяся на плодородной почве могучей социалистической Родины».

К новому юбилею один лишь сборник «Математика в СССР за сорок лет» состоял из двух массивных фолиантов общим объемом около 2000 страниц.

Когда ученый секретарь академии Норайр Мартиросович Сисакян просто перечислил некоторые результаты, полученные советскими исследователями только в 1964 году, его сообщение заняло в журнале «Вестник Академии наук» 100 страниц!

Нельзя объять необъятное. На чем же остановить внимание, что выбрать из нескончаемого потока изобретений и открытий, идей и фактов, событий и имен?

Наших древних пращуров, комплектовавших «великолепную семерку», завораживали прежде всего колоссальные размеры инженерных сооружений. Что ж, разве не достойна восхищения всего света Останкинская телебашня высотою в 533 метра? А турбовинтовой авиалайнер «Антей», в просторном чреве которого спокойно умещается несколько пассажирских автобусов? А серпуховский ускоритель поперечником в полкилометра — не только крупнейший, но и мощнейший в мире? А Волгобалт с его трансконтинентальной сетью каналов и шлюзов? А шагающий экскаватор, единым махом перебрасывающий своим ковшом 50 кубов грунта? А первый на Земле атомный ледокол «Ленин»? А Братская ГЭС? Уже набрали семерку. Но можно продолжить и дальше. Турбина той же Братской ГЭС на сотни тысяч киловатт — чем не чудо техники? Высотное здание МГУ на Ленинских горах. Единая энергетическая система с тысячеверстными линиями высоковольтных электропередач. Крестообразный радиотелескоп с двумя километровыми перекладинами. Садд аль-Аали — Асуанская плотина, которую сами арабы, живущие у пирамид, у руин Александрийского маяка, наконец, неподалеку от тех мест, где цвели вавилонские сады, сами арабы нарекли «восьмым чудом света». И это не все!

Но разве дело только в размерах или весе?

В книге «Профили будущего» английский писатель и ученый Артур Кларк проводит такое сопоставление.

Если бы турбину, вертолет, автомобиль, паровоз показали Галилею, Леонардо, пусть даже Архимеду, жившему 22 столетия назад, ученые быстро разобрались бы, как работают эти машины. Конечно, они подивились бы конструкторскому искусству, но принцип действия в целом им вскоре стал бы ясен. А теперь вообразите, что вы продемонстрировали корифеям античной или средневековой науки телевизор, радиолокатор, ядерный реактор, транзистор, электронно-вычислительную машину. Сколь бы ни были гениальны участники вашей экскурсии, они долго и мучительно силились бы понять, что к чему, если вообще не остались бы в полном недоумении. Ибо в багаже их научного мировоззрения отсутствовали такие понятия, как электроника, радиотехника, ядерная физика.

Спору нет, принципиальная новизна изобретений — более правильный критерий отбора. С такой позиции мы вправе включить в наш список ядерный реактор, квантовый генератор, радиолокатор, телевизор, ускоритель, полупроводник, электронно-вычислительную машину. Это действительно чудеса из чудес, и роль советской науки в их создании общепризнана, но... Почему здесь отсутствует космическая ракета — один из символов XX века? Только потому, что принцип реактивного движения известен с незапамятных времен и он был бы легко доступен великим теням — нашим воображаемым гостям из далекого прошлого? И это не единственная трудность.

Почти все перечисленные устройства принадлежат к области физики, хотя, безусловно, они вобрали в себя достижения многих и разных наук. А вот, к примеру, биологи не изобрели ни электронного микроскопа, ни ядерного реактора. Но, применяя эти мощные физические инструменты, они сконструировали нечто не менее важное — модель клетки и ее составных частей. Они заглянули в тончайшую механику жизни. Их открытия многими считаются более значительными, чем даже овладение атомной энергией.

Геологи тоже не выдумали ни турбобура, ни самолета. Однако, используя тот и другой, они отыскивают новые материалы и для конструкторов.

Химики... Пусть не они воздвигли гигантскую Останкинскую телебашню, не они изготовили крохотный транзистор. Зато, копаясь в структуре молекул, в механизме их взаимодействия, они создают чудо-вещества, без которых не было бы ни зданий-гулливеров, ни радиоэлектронных лилипутов.

Почему же отдавать предпочтение сооружениям или аппаратам? А где фундаментальные идеи, на которых основано действие этих и иных устройств?

Теория относительности, квантовая механика, кибернетика... Разве они не достойны называться чудом XX века, чудом творческой мысли? И разве можно забывать про вклад наших теоретиков в развитие этих и других новых областей знания?

Разветвленные цепные реакции и Н. Н. Семенов. Биогеохимия и В. И. Вернадский. Гомологические ряды в генетике и Н. И. Вавилов. Метод условных рефлексов и И. П. Павлов. Линейное программирование в математической экономике и Л. В. Канторович. Принцип максимума в теории автоматического регулирования и Л. С. Понтрягин. Межпланетные полеты и К. Э. Циолковский. Читатель сам легко продолжит этот список.

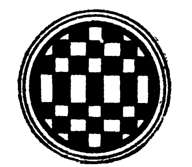
Сколько оригинальных идей связано с именами советских ученых! Да, не только физически осязаемых предметных творений, но и идей — невесомых, незримых «субстанций», бесплотных конструкций, без которых, однако, нет научного и технического прогресса.

И все же ни одна наука теперь немыслима без мощного технического оснащения. Математика, обходившаяся некогда карандашом и бумагой, сегодня все чаще обращается к услугам счетно-решающих устройств. Ее примеру следуют даже гуманитарные дисциплины, не говоря уж о естественных.

Где же оно, что же оно собой представляет, подлинное «восьмое чудо света»?



Глава первая



ТРОПОЮ ГРОМА

Нет ни малейшей возможности межпланетного полета. Нет признаков энергии, необходимой для преодоления земного тяготения. Нет теории, которая открыла бы дорогу в космосе к другому миру. Нет средств перевозки больших количеств кислорода, воды и пищи, необходимых в столь длительном путешествии.

Мултон, профессор физики, США, 1935 г.

Сорок лет я работал над реактивным двигателем и думал, что прогулка на Марс начнется лишь через много сотен лет. Но сроки меняются. Я верю, что многие из вас будут свидетелями первого заатмосферного путешествия.

Циолковский, учитель физики и математики, СССР, 1935 г.

Очнувшись от задумчивости, он обернулся к соседнему столику и бросил с хмурой усмешкой:

— Ну, теперь в Вашингтоне начнется сущий ад!

Человека, прервавшего тягостное молчание, хорошо знали не только здесь, в офицерском клубе «Арми Редстоун арсенал», — имя его гремело по обе стороны Атлантики. К его мнению прислушивались государственные деятели США, как когда-то заправилы нацистской Германии. Но сейчас эта известность тяготила его; ему было явно не по себе, как и в те тревожные дни, когда там, в Баварии, в охотничьем замке своего брата Магнуса, он скрывался от любопытных глаз, от друзей и недругов, каждую минуту ожидая, что

его разыщут ищейки из специальных отрядов СС. Разыщут и уничтожат, дабы столь ценный трофей не попал в руки победоносно наступающих союзников...

Ускользнув из-под обломков гибнущего рейха и очутившись в стане бывших врагов, он считал, что сделал беспроигрышную ставку. Щедрые субсидии дяди Сэма, пригревшего под своим крылышком немецких ракетчиков. Блистательная карьера. Безоблачные горизонты. И вдруг как гром средь ясного неба:

— Советы запустили спутник!

Это произошло всего через два с половиной месяца после того, как «Нью-Йорк таймс» заявила: «Советский Союз значительно отстает от Соединенных Штатов в создании межконтинентальной баллистической ракеты». А газета «Нью-Йорк геральд трибюн» не менее самонадеянно успокаивала своих читателей: мол, Советский Союз никогда не опередит Соединенные Штаты в ракетостроении, ибо в области науки и образования он безнадежно отстал от «цивилизованных наций»...

Да, директор оперативного отдела армейского управления США по баллистическим снарядам доктор Вернер фон Браун оказался прав, предположив, что в Вашингтоне — да только ли там? — начнется «сущий ад».

Переполох в американской столице достиг таких масштабов, что некоторые сенаторы настойчиво потребовали созвать чрезвычайную сессию конгресса. «Многие либо вообще отказывались верить случившемуся, либо изощрялись в леденящих кровь пророчествах, — описывает создавшуюся атмосферу научно-политический обозреватель Ю. Н. Листвинов в книге «Лунный мираж над Потомаком». — Предсказывалось даже, что, если русские захотят, Нью-Йорк может оказаться разрушенным в ближайшие же дни. На бирже началось падение акций».

Вскоре корреспонденции о всевозможных курьезах, явившихся реакцией на запуск советского спутника, уступили место серьезным размышлениям.

«Нью-Йорк таймс» признавалась: «Такой подвиг мог быть совершен лишь страной, располагающей первоклассными научно-техническими кадрами и условиями работы в математике, физике, химии и металлургии, если назвать лишь самые важные области».

«Апологеты всего американского, — язвил обозреватель Дрю Пирсон, — печально оправдываются, что мы отстали в области ракетостроения потому, что русские начали первыми... Но в Пентагоне, как в какой-то огромной гробнице, хранятся документы, говорящие совсем о другом».

Да, история сохранила немало свидетельств о битве за космос. И они хранятся не только в сейфах Пентагона. О чем же они говорят?

Великое противостояние

30 мая 1924 года. У Политехнического музея людно как никогда. Еще бы: сегодня лекция о полетах в космос! И приписка в афише: «Весь сбор пойдет в фонд Общества межпланетных сообщений».

— Товарищи, билеты распроданы. Большая аудитория заполнена до отказа. Приходите как-нибудь в другой раз!

Это администрация увещевает тех, кому не удалось попасть внутрь. Куда там! Людской напор не ослабевает. Вконец растерянные сотрудники музея решаются на отчаянный шаг: срочно вызывают наряд конной милиции, чтобы удержать расходившуюся публику.

Пока милиция наводит порядок, давайте заглянем внутрь и послушаем, о чем говорит докладчик — профессор М. Я. Лапиров-Скобло.

...Трепетный язычок пламени едва теплится над фитилем. Он не в силах рассеять полумрак, притаившийся по углам серой коробки каземата. Зато каким фосфорическим блеском зажигает он глаза человека, склонившегося над тесным квадратом стола! Резкие тени упали на бледное, исхудавшее лицо, обрамленное темно-русой бородой. Тревожную тишину нару-

шают лишь скрип пера да гулкие шаги тюремщика за дверью. Человек в арестантском халате изредка отрывается от бумаг и, застыв, подолгу смотрит в пространство перед собой. Он не видит ни толстых каменных стен, покрытых плесенью, ни заиндевевшего оконца, забранного массивной решеткой, — мысли заключенного далеко.

Через неделю — казнь. А еще так много не сделано!

«Если моя идея... будет признана осуществимой, я буду счастлив тем, что окажу услугу родине. Я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мною, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своею жизнью...»

А на дворе весна 1881 года. Лишь через много лет в воздух поднимутся первые самолеты. Еще диковинкой кажутся немногие чихающие тихоходные экипажи, что приводятся в движение бензиновыми моторами. «Век пара» — гордо называют свою эпоху современники Кибальчича. Более смелые добавляют: «И электричества».

В холодном, сыром каземате русский революционер и изобретатель создает проект небывалого летательного аппарата, который, по оценке современной науки, в принципе способен летать в космическом пространстве.

Проект отважного народовольца был подшит к делу о покушении на Александра II и, похороненный в секретных архивах жандармского управления, пролежал там три с половиной десятилетия. Разыскать и опубликовать его удалось лишь после революции. Он появился в апрельском выпуске журнала «Былое» за 1918 год. Но мог ли он привлечь заслуженное внимание в ту бурную пору? Рассказ о нем 30 мая 1924 года в Политехническом музее для большинства слушателей прозвучал как откровение. Тем более что это была чуть ли не первая в России публичная лекция о межпланетных путешествиях.

После Октября началась активная просветитель-

ская, организационная и творческая деятельность энтузиастов заатмосферных полетов.

В 1926 году было выпущено второе, дополненное издание основополагающей работы К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами», ставшее библиографической редкостью сразу же после выхода в 1903 году. Она снова увидела свет, хотя в стране не хватало бумаги, металла для шрифтов, типографской краски.

Незадолго до этого, в октябре 1923 года, одна из газет поместила краткую аннотацию книги немецкого ученого Германа Оберта «Ракета в межпланетное пространство», только что изданной в Мюнхене. «Неужели не утопия?» — риторически вопрошал автор заметки, незнакомый, очевидно, со статьей Циолковского, ровно 20 лет назад научно обосновавшей возможность преодолеть земное тяготение и подняться за пределы атмосферы с помощью ракеты.

Получив из России неказистую брошюрку, отпечатанную кое-как, на дешевой бумаге, профессор Оберт убедился, что многие идеи, изложенные в аккуратном мюнхенском издании его собственной книги, уже давно высказаны в работе Циолковского.

Между Константином Эдуардовичем и его немецким коллегой завязалась дружеская переписка. В Музее Циолковского в Калуге хранится письмо Оберта, где автор признает приоритет русского ученого во многих принципиальных проблемах ракетной техники. «Знай я раньше Ваши превосходные работы, — обращался немецкий профессор к Константину Эдуардовичу, — я, наверное, продвинулся бы гораздо дальше в моих собственных и обошелся бы без многих напрасных трудов. Вы зажгли свет, и мы будем работать, пока величайшая мечта человечества не осуществится».

В 1960 году в Нью-Йорке вышел капитальный труд Крафта Эрике «Космический полет». В нем говорится: «Первым шагом у Оберта, как и у Циолковского, была высотная ракета, которую он надеялся позже переделать в трансатлантическую почтовую

ракету. Эта ракета должна была работать на спирте и жидком кислороде... Следовательно, Оберт пришел почти к тем же выводам, что и Циолковский».

Английский журнал «Полет во вселенную» поместил статью Томпсона «Циолковский — основоположник астронавтики», где сказано, что некоторые технические решения калужского ученого «в настоящее время вошли в обычную практику конструирования управляемых снарядов».

Цитированные авторы далеко не исчерпывают собой список всех зарубежных специалистов, из уст которых мы слышим несколько запоздалое признание вклада, внесенного советским ученым в науку о космосе. Здесь нет описки: именно и прежде всего советским. Ибо только после революции идеи Циолковского получили подлинное признание и поддержку. Это вынужден констатировать Вилли Лей, автор книги «Ракеты и полеты в космос»: «Русская революция не только не причинила им (Циолковскому и его сподвижникам. — *Л. Б.*) ущерба, но, напротив, оказала большую поддержку».

Публичная лекция Лапирова-Скобло также была популяризацией идей великого калужанина. Докладчик не забыл воздать должное и достижениям зарубежных ученых. Например, американца Роберта Годдарда, который еще в 1919 году опубликовал в Вашингтоне работу о реактивных снарядах.

Долгие годы ничего не было слышно о деятельности профессора Годдарда, как вдруг западная пресса взорвалась очередной сенсацией: 4 июля 1924 года отправится первая ракета на Луну!

Циолковский, пламенный энтузиаст астронавтики, говорил: «Полет на Луну ракеты, хотя бы и без людей, пока вещь технически неосуществимая. Во-первых, многие важные вопросы о ракете даже не затронуты теоретиками. Ракета же Годдарда так примитивна, что не только не попадет на Луну, но и не поднимется на 500 верст. И это было бы громадной радостью... Во-вторых, для осуществления межпланетных путешествий надо еще ждать значительного

продвижения техники, новых металлов, сплавов и взрывчатых веществ».

Как и следовало ожидать, обещанный полет не состоялся. Лишь 16 марта 1926 года был предпринят первый запуск крохотной ракеты; полет ее продолжался две с половиной секунды. Ракета одолела 56 метров. Но и это было по тем временам немалым, если не сказать историческим, достижением.

...После лекции Лапирова-Скобло около 200 человек изъявило желание вступить в общество, в большинстве своем молодежь: студенты, рабочие, служащие. Среди записавшихся было более двух десятков ученых, инженеров, изобретателей. Это был успех, превзошедший все ожидания. Теперь — за дело! Окрыленные радужными надеждами, энтузиасты межпланетного летания были готовы тотчас же, не медля ни минуты, приступить к постройке космической ракеты.

Они еще не ведали, какие тернии ждут их на пути к звездам...

Вначале было слово...

Мысль о создании такого общества, которое объединило бы разрозненные усилия изобретателей-одиночек и отдельных исследовательских групп, впервые высказал 20 января 1924 года талантливый инженер, самозабвенно преданный делу завоевания космоса, Фридрих Артурович Цандер. В апреле того же года при Академии Военно-Воздушного Флота имени Н. Е. Жуковского возникла Секция межпланетных сообщений. Она насчитывала 25 человек, главным образом слушателей академии.

В числе первых приветствовал начинание молодежи крупный специалист в области аэродинамики профессор Владимир Петрович Ветчинкин, ученик профессора Н. Е. Жуковского. Поддержка авторитетного ученого имела большое значение.

«В те годы, — пишет в своих воспоминаниях бывший председатель общества старый большевик

Г. М. Крамаров, — было немало консервативно настроенных людей, тугодумов и просто невежд, считавших идею полета в космос фантастичной».

Так обстояло дело не только у нас. Оберта тоже не принимали всерьез... Годдард, хоть он и поставил себе более скромную задачу — создать небольшую высотную ракету с приборами, тем не менее постоянно нуждался в средствах, так что ему временами приходилось прерывать работу.

Стоит ли говорить, сколь важной была работа советских популяризаторов космонавтики!

«Фантазеры...» «Прожектеры...» «Мечтатели...» Сколько иронии, должно быть, вкладывали в эти слова чересчур трезвые, чересчур здравомыслящие люди, привыкшие оценивать любую затею по сиюминутным практическим результатам!

Фантазия... Как хорошо, как верно сказал о ней Ленин: «Напрасно думают, что она нужна только поэту. Это глупый предрассудок! Даже в математике она нужна, даже открытие дифференциального и интегрального исчислений невозможно было бы без фантазии. Фантазия есть качество величайшей ценности».

Этим драгоценным качеством в большей степени, чем кто-либо иной, был наделен английский писатель Герберт Уэллс. Но даже он, великий оракул грядущего в науке и технике, с нескрываемым недоверием встретил ленинский план электрификации России — отнюдь не такой уж и грандиозный, если подходить к нему с теперешними мерками. А тогда...

Потрясенный удручающей картиной послевоенной разрухи, Уэллс не без иронии назвал Владимира Ильича «кремлевским мечтателем», а электрификацию — «электрофикцией».

Где уж всемирно известному утописту было представить, что России по плечу освоение космического пространства!

А Циолковский и его последователи верили. И не только верили, они делами своими приближали осуществление этой мечты. И правительство

поддерживало энтузиастов — даже в трудные годы, когда дел хватало и на земле.

В 1921 году Совет Народных Комиссаров назначил К. Э. Циолковскому пожизненную пенсию — «ввиду особых заслуг ученого-изобретателя, специалиста авиации».

Под этим решением стояла подпись Ленина.

Да, он тоже был мечтателем, вождь нашей революции!

Созданное в 1924 году Общество изучения межпланетных сообщений явилось первой организацией подобного рода не только у нас в стране. Лишь в 1926 году в Австрии появилось Общество высотных исследований. А в Германии Общество космических полетов было основано и того позже — в 1927 году.

Застрельщикам, «первым забежчикам» ракетных исследований удалось всколыхнуть общественное мнение, увлечь людей заманчивыми и в то же время вполне реальными перспективами космонавтики.

Лед тронулся. Начинался этап больших работ: человечество приступало к практическому осуществлению идей Кибальчича и Циолковского.

Сердце... Это тоже двигатель

...Худое, чуть аскетическое лицо. И взгляд — неповторимый взгляд неистового мечтателя, неутомимого исследователя, одержимого одной большой идеей.

Он знал одной лишь думы власть,
Одну, но пламенную страсть...

Таким его высек скульптор из оранжево-красного гранита, вдохнув в холодный грубый камень живой порыв человека, мягкого, скромного и в то же время упорного, энергичного.

Таким он запомнился друзьям, провожавшим его весной 1933 года на поезд в Кисловодск. Сотрудники едва убедили уставшего от хлопот, измотанного недосыпанием Цандера внять рекомендациям врачей.

И вот теперь лежит он, прикованный к больничной койке, бледный, осунувшийся, с холодной испариной на лбу.

А за окном — мартовское небо. Кибальчич тоже, должно быть, с тоскливой жадностью обреченного глядел и не мог наглядеться на мартовское небо, мечтая о заветной поре, когда бездонную голубизну прочертят белесые трассы ракет. Впрочем, что за странные аналогии? Ведь тот, узник, молодой, сильный, сознательно шел к неминуемой гибели. Его ждали отнюдь не врачи фешенебельного курорта. Его ждали палачи. Ибо любовь к жизни была в нем побеждена ненавистью ко всему, что эту жизнь отравляло, делало ее невыносимой. Та же ненависть одолела и другую его страстную любовь — к небу. А ведь он был только на три года старше Циолковского. Кибальчичу было бы всего 63 года, доживи он до победы великого дела, за которое отдал жизнь. Теперь и другая его мечта близка к осуществлению. Не за горами время, когда первые ракеты понесутся к иным планетам. Конечно, работы еще непочатый край. Трудности на каждом шагу — большие и малые, научно-технические и сугубо материальные, денежные. Впрочем, разве остановят они тех, кого Циолковский назвал «энтузиастами великих намерений»?

«Группа инженеров, работающих даром». Так в шутку расшифровывают эти парни название своей организации — ГИРД, Группы по изучению реактивного движения. Бескорыстные, самоотверженные, с такими людьми можно горы свернуть. Их уже многие десятки, в одной только Москве около 60 человек. И это не просто энтузиасты. Среди них есть настоящие профессионалы, хотя дело, за которое они взялись, совсем еще новое, оно только-только начинает развиваться у нас и за рубежом. Вот, например, Сергей Королев. Молодой, но уже проявивший себя с наилучшей стороны, подающий большие надежды специалист. Конструктор высшего ранга. Прирожденный организатор. А другие гирдовцы — разве мало среди них одаренных инженеров и ученых? М. К. Тихонравов, Ю. А. Победоносцев, А. И. Полярный,

Е. С. Щетинков, В. С. Зуев, Л. С. Душкин, Е. К. Мошкин, Б. И. Черановский, М. С. Кисенко...

ГИРД создан и в Ленинграде. Н. А. Рынин, М. В. Гажала, В. В. Разумов, Е. Е. Чертовский, И. Н. Самарин, Я. П. Перельман... Коллектив, ровесник московского, родился в 1931 году, в том же городе, где ровно полвека назад бесстрашно встретил смерть Николай Кибальчич. Там же в 1928 году по инициативе Н. И. Тихомирова организована Газодинамическая лаборатория, где работают Б. С. Петропавловский, В. А. Артемьев, Г. Э. Лангемак, Л. Э. Шварц, В. И. Дудаков... А помощь крупных ученых, профессоров Н. А. Рынина, Б. С. Стечкина, В. П. Ветчинкина, А. В. Квасникова, Ф. И. Франкля, Б. Н. Юрьева, многих других?

Да, уже не отшельники-одиночки — когорта конструкторов, изобретателей, проектировщиков. Уже не абстрактные теоретические идеи, вернее, не только они одни питают умы — получены конкретные экспериментальные результаты. И государство по мере сил помогает. Осоавиахим выделяет средства.

Цандеру не суждено было подняться. 28 марта 1933 года его не стало. Но разве смерть могла унести в небытие дело неистового искателя?

17 августа 1933 года поднялась в небо первая советская ракета. Она была сконструирована М. К. Тихонравовым. Вот ее характеристики: длина — 2,4 метра, диаметр — 18 сантиметров, стартовый вес — 19 килограммов, полезный груз (приборы и парашют) — 6,2 килограмма, топливо — 5 килограммов. Двигатель работал на жидком кислороде и «твердом», вернее, желеобразном бензине (в горючем была растворена канифоль). Действовал он 18 секунд, развивая тягу 52 килограмма.

Какими скромными кажутся эти цифры по сравнению с техническими данными современной космической ракеты! «Огромную ракету «Восток», высотой в 38 метров, пришлось установить наклонно, иначе она помешала бы полетам над аэродромом», — делилась впечатлениями о советском экспонате на XXVII Международном салоне авиации и космонав-

тики в мае 1967 года французская газета «Орор». «Нью-Йорк таймс» писала, что этот сложнейший агрегат, в котором 20 двигателей могут быть запущены одновременно и работать с изумительной точностью, развивая одинаковую тягу, произвел должное впечатление и на американцев, создавших, наконец, собственные могучие ракеты. 20 миллионов лошадиных сил в упряжке — такая мощность даже не умещается в сознании. Но великое начинается с малого...

25 ноября 1933 года бригада гирдовцев собралась на заснеженной лесной опушке под Москвой. Узкое серебристое тело ракеты, установленное на пусковом станке, нацелено в зенит. Баки заправлены, люки задраены. Люди укрыты в блиндаже.

— Контакт!

Огненный поток газов опалил стылую землю. Плавно скользнув по направляющим, ракета взмыла к облакам. «ГИРД-Х» — стояло на одном из крыльев ее оперения. Она весила 29,5 килограмма. Двигатель ее работал на спирте и жидком кислороде.

И вот она замерла навеки в стремительном броске у того самого гранитного бюста, что стоит на кисловодском кладбище над могилой Цандера.

«Вперед, товарищи, и только вперед! Поднимайте ракеты все выше, выше и выше, ближе к звездам», — звал Цандер гирдовцев, лежа на смертном одре.

Четырнадцать минут до старта

Крафт Эрике, специалист в области ракетной техники, прав: «Если бы первые экспериментаторы могли представить себе истинный объем работы в избранном ими направлении, то они, возможно, и не решились бы начать ее с теми ничтожными средствами, которые они имели».

...Вот обычная паяльная лампа. Ей ли решать космические проблемы? Впрочем, почему бы и нет? Мало ли крупных открытий сделано физиками с помощью веревочек, проволочек, всевозможных деревя-

шек, жестянок и прочих «хитроумных» приспособлений?

И цепкий инженерный ум Цандера увидел в неказистом инвентаре медника нечто большее, чем просто паяльную горелку. «Опытный ракетный первый» (ОР-1) — так назвал он свой двигатель, построенный на основе паяльной лампы. «Двигатель»? Не громко ли сказано?

Справедливости ради следует заметить, что у паяльной лампы оказались заимствованными лишь бачок с насосом да подогреватель. Основной узел ОР-1, камеру сгорания, Цандер рассчитал, спроектировал и изготовил сам. По существу, это была трубка, окруженная металлическим кожухом. В нее из бачка через струйный распылитель впрыскивался бензин. Жидкий поначалу, он переводился в пар с помощью теплообменников. Навстречу ему через специальный штуцер сопла нагнетался под давлением воздух. Подача горючего и окислителя не в жидком, а в газообразном виде характеризует, по словам Е. К. Мошкина (одного из бывших гирдовцев), «перспективность взглядов Цандера».

Незатейливая с виду установка — уж куда проще! А она помогла проверить принципы работы ракетного двигателя. С ее помощью, как писал Фридрих Артурович, «была доказана практическая возможность получения реактивной силы при вполне удовлетворительном коэффициенте полезного действия», выявлены «весьма важные температурные условия в ракете». Пятьдесят испытаний, проведенных с ОР-1, — и вот уже отработана методика экспериментов, явившихся этапом на пути к созданию более сложных, более мощных двигателей.

Следующим детищем конструкторских поисков Цандера стал ОР-2. Он развивал в десять раз большую тягу, чем его предшественник: уже не пять, а целых 50 килограммов (для сравнения можно упомянуть, что первый двигатель, с которого в 1930 году начинал свою карьеру Вернер фон Браун, всемирно известный конструктор ракеты «А-4» («Фау-2»), а

тогда еще молодой студент, имел тягу семь килограммов). «Опытный ракетный второй» работал на жидком кислороде. Горючим избрали тот же бензин.

На первом же экзамене в 1933 году двигатель отказал: подвела камера сгорания.

«Бывали недели и даже месяцы, когда неудачи следовали одна за другой, — воскрешает события этих дней бывший гирдовец Л. К. Корнеев. — Особенно тяжело было при огневых испытаниях ракетных двигателей. Они вмиг прогорали, так как температура внутри камеры сгорания доходила до 3000 градусов и никто не знал, как и чем охладить двигатели. Часто отказывала система подачи компонентов топлива. Даже самые простые детали, как, например, арматура и редукционные клапаны, не работали при температуре жидкого кислорода. Не ладилось и с зажиганием».

Мучительными зигзагами, сквозь дебри сомнений и неожиданностей брела изобретательская мысль, хотя пунктир, намеченный теорией, казался таким прямым, таким ясным! Воистину теория без практики мертва. Не будь этого многотрудного поиска, этого дорогой ценой доставшегося опыта, любые теоретические расчеты так и остались бы лежать на столе недвижным ворохом бумаги с чертежами и формулами...

«Самой трудной проблемой в разработке ракетного двигателя было создание критической части реактивного сопла. Если ракетный двигатель прогорал, то почти неизменно в критической части. Станция Пенемюнде-восточная (именно здесь изготовлялись «Фау-2». — *Л. Б.*) также не раз сталкивалась с этой трудностью, однако выход из положения оказался удивительно простым. Все заключалось в создании слоя относительно холодных паров спирта между раскаленной струей истекающих газов и стенкой сопла. Спиртовая пленка загоралась только тогда, когда выходила из сопла на открытый воздух». Это снова цитата из книги Вилли Лея, вышедшей в 1958 году. А из отзыва профессора В. П. Ветчинкина (февраль 1927 года) явствует: Цандер «занимался конструк-

тивным решением основных вопросов построения ракеты, например, расчетом сопла и его охлаждения, что является, по-видимому, главным препятствием к осуществлению ракетного полета». В одном из вариантов ракеты ГИРД-Х Цандер запроектировал не что иное, как пленочное охлаждение! Таким образом, эта идея родилась за несколько лет до начала работ в Пенемюнде (1936 год).

Особенность двигателя ОР-2, отработанного учениками Цандера, — наличие предкамеры, где подогревались и перемешивались составные части впрыскивавшегося туда топлива. Позже немецкие инженеры воспользовались тем же конструктивным решением.

Цандера неодолимо влекли к себе мощные двигатели, ведь только большие ракеты способны унести человека к иным планетам. С этой точки зрения ракета ГИРД-Х была оборудована довольно слабеньким мотором — с тягой в 70 килограммов. Полезный груз составлял всего 2 килограмма. И Цандер засел за эскизные проекты новых двигателей — сначала с тягой 600 килограммов, а затем 5 тонн. Но для них не годилась система подачи, осуществленная в небольшом двигателе ОР-2. Там компоненты топлива вытеснялись из баков в камеру сгорания давлением газа; баки приходилось делать толстостенными. Увеличение тяги и размеров двигателя повлекло бы за собой его чрезмерное утяжеление. Между тем уже были известны принципиальные схемы иной системы питания — с помощью насосов. В этом случае надобность в высоком давлении в баках отпадала, а потому они не нуждались более в особо прочных и массивных стенках. Понятно, почему Цандер предпочел второй вариант — центробежные насосы, приводимые в действие от газовой турбины. Турбину должны были вращать газы, продукты горения.

«Самой важной новинкой» называет В. Лей наличие турбонасосного агрегата для подачи топлива в ракете «Фау-2».

«Все крупные двигатели имеют теперь такую систему подачи, — читаем у доктора технических наук

Е. К. Мошкина, — за исключением того, что современные турбины питаются не от основной, а от специальной дополнительной камеры, называемой газогенератором. Возможно, следующим шагом развития систем питания будет более точное освоение принципа, предложенного Цандером, то есть осуществление питания турбины непосредственно от основной камеры сгорания».

Список примеров можно продолжить.

Разумеется, конструированием ракетных двигателей занимались не только в Москве, не только гирдовцы. Наряду с ЛенГИРДом в Ленинграде многое сделала Газодинамическая лаборатория (ГДЛ). Впоследствии она вместе с ГИРДом влилась в Реактивный научно-исследовательский институт, созданный в конце 1933 года и ставший первым в мире крупным исследовательским центром ракетостроения. Именно в ГДЛ в 1930—1931 годах был изготовлен первый отечественный жидкостный реактивный двигатель — ОРМ-1 (опытный ракетный мотор один). При испытаниях на стенде он развивал тягу до 20 килограммов. Запускался он нехитро: в камеру сгорания укладывалась вата, смоченная спиртом, а к ней через сопло подводился бикфордов шнур. Однако в том же году сотрудники ГДЛ разработали весьма эффективный способ зажигания. Роль запала отводилась особому реактиву. Введенный в камеры сгорания, он срабатывал, едва соприкоснувшись с горючим или окислителем. Химические воспламенители широко распространены в современной ракетной технике.

За несколько лет в ГДЛ было спроектировано целое семейство ракетных моторов. В 1933 году заработал ОРМ-52 с тягой 300 килограммов. В 1936 году успешно выдержал официальный экзамен один из самых совершенных жидкостных реактивных двигателей того времени, ОРМ-65. Его тяга достигала 175 килограммов.

С 1932 года до начала войны создатели ракетных двигателей располагали более чем сотней вполне отработанных отечественных конструкций.

Все увереннее становилась поступь советских ракетчиков. А давно ли, кажется, Цандер мастерил свой «Опытный ракетный первый» из обыкновенной паяльной лампы?

Дорога длиной в десятилетие... Не так уж она и долга, чтобы много спрашивать с этих людей. Тем более что начинали они фактически на голом месте. Вот как характеризует известный нам Лей положение дел в Германии накануне работ над «Фау-2» (1929 год): «Не имелось практически ничего, чем можно было бы руководствоваться. Ни один технический институт в Германии не вел работу в области ракет, не занималась этим и промышленность».

Минуло 15 лет. И вот...

«Ахтунг! Дра-ай, цвай, айнс... лос!!» — и вслед за резким гортанным выкриком тихий перекресток у окраины Амстердама огласился грохотом, напоминающим рев водопада и переходящим в оглушительный свист.

Где искать истоки Рио-Гранде

В тот вечер тревожно застрекотали телетайпы агентства Рейтер. В эфир понеслись шифровки военных радиостанций.

Одна за другой стартовали с голландского берега ракеты «Фау-2» и, опережая собственный звук, устремлялись через Ла-Манш, в сторону британской столицы. Боеголовка каждой ракеты была начинена тонной взрывчатки.

2511 убитых, 5869 тяжелораненых, сотни разрушенных зданий — таковы итоги ракетного обстрела одного лишь Лондона.

О таких ли ракетах мечтал Циолковский, горбясь бессонными ночами над рабочим столом? Могло ли пригрезиться такое Цандеру, когда он, умирая, писал свое завещание?

«Вперед, товарищи, и только вперед! Поднимайте ракеты все выше, выше и выше, ближе к звездам...»

К звездам! С приборами, с экипажем исследовате-

лей. А не со смертоносным зарядом в боеголовке, нацеленным на жилые кварталы...

Циолковский, Цандер, Королев и их сподвижники верили: межпланетный полет не за горами. Они знали: постройка мощной ракеты технически вполне осуществима, стоит только сконцентрировать на ней усилия ученых и инженеров в масштабе всего государства.

«Д-р Вернер фон Браун одним из первых понял, что частные усилия ни в коем случае не могут продвинуть дело дальше очень скромных успехов, — расшаркивается К. Эрике перед проницательностью бывшего германского, а ныне американского ракетных дел мастера, — что только большие промышленные или правительственные ресурсы могут дать необходимые средства, лаборатории, оборудование и профессиональные кадры в масштабах, соизмеримых с грандиозностью задачи».

Что ж, умозаключение вполне резонное. Правда, не вполне оригинальное. Еще Энгельс в свое время говорил, что, если у общества появляется техническая потребность, она продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов. Была ли у германского общества такая потребность? Потребность как можно скорее приступить к завоеванию космоса? Потребность, продиктованная чисто научными или иными мирными побуждениями? Нам поможет сам Эрике: «Конечно, подобная поддержка могла быть предоставлена только в случае, если бы цель, на которую ее предполагалось направить, была признана достойной теми, кто держит в руках все ресурсы. Попытки заинтересовать финансистов-миллионеров или богатых промышленников ракетами для доставки почты в Америку или для полетов на Луну оказались безуспешными».

Нет, то, о чем мечтал Циолковский, не соблазняло воротил империалистического бизнеса. Зато их тотчас же пленило другое: «В 1929—1930 годах германское управление вооружения заинтересовалось возможностью развития систем оружия с ракетными двигателями... Правильно оценив перспективы,

которые несла с собой милитаризация ракетной техники, Браун начал разработку большого управляемого снаряда».

Так ускоренными темпами, ценой огромного напряжения сил и средств немецкого народа германская военщина форсировала создание «большой ракеты».

27 марта 1945 года в 16 часов 45 минут по Гринвичу ракетное наступление немцев на Англию прекратилось. Но на этом не кончилась история «Фау-2».

В мае того же года младший брат Вернера фон Брауна Магнус явился к американскому командованию, чтобы узнать, кому мог бы официально сдаться персонал исследовательского ракетного центра. «Одновременно, — протоколирует события Вилли Лей, — американские войска захватили подземный ракетный завод, расположенный близ Нидерзаксверфена, на территории, которая по соглашению должна была стать русской зоной оккупации. К тому времени, когда союзные офицеры приступили к исполнению необходимых формальностей, связанных с передачей завода русским, около 300 товарных вагонов, груженных оборудованием и деталями ракет «Фау-2», находились уже на пути в западное полушарие. Ракеты, ревевшие когда-то над тихой рекой Пене, продолжали реветь, в другом месте — над водами Рио-Гранде».

Эшелоны с трофейными узлами прибыли на испытательный полигон Уайт Сэндз (США).

Странно, но факт: пройдет 12 лет, и американская пропаганда, не зная, как лучше оправдать перед всем миром «досадное недоразумение», что первый спутник запущен Советским Союзом, а не США, начнет твердить, будто русские ученые преуспели потому, что... похитили американские и немецкие рецепты! Но даже на Западе подобная версия не встретит сочувствия. «Если бы Советский Союз действительно выкрал указанные секреты, то в худшем, с американской точки зрения, случае он мог бы идти вровень с Соединенными Штатами, но никак не впереди них в разви-

тии ракетной техники»,— такую отповедь даст английская газета «Манчестер гардиан».

Едко высмеивая заявление президента Эйзенхауэра (генерала Эйзенхауэра!) о советском «импорте» немецких мозгов, обозреватель Дрю Пирсон напишет: «Можно подумать, что президент или не знал, или забыл, что делали в Германии американские войска. Ведь именно по его тайным приказам была осуществлена тогда операция «Пейпер-клипс», имевшая целью захват лучших немецких ученых. Все ракетчики Германии, почти до последнего человека, попали в руки к американцам».

25 июня 1954 года фон Браун заявил, что не позже, чем в ближайшие два-три года, можно запустить искусственный спутник (проект «Орбитер»). Первой ступенью ракеты-носителя должна была служить «Редстоун» («Юпитер «А»), обязанная своим рождением редстоунскому арсеналу, штат Алабама, где ее создали инженеры из Пенемюнде под руководством Вернера фон Брауна. Она походила на «Фау-2», как дитя на свою мать. Что же касается последующих ступеней («Локи»), то они представляли собой доработанный на американской земле вариант немецкой ракеты «Тайфун».

Но Эйзенхауэр утвердил проект, разработанный американским ракетным обществом, — «Авангард», что значит «передовой», «самый первый». Белый дом прочил его в космические первенцы на удивление всему свету. Но случилось иначе.

И звезда с звездою говорит... по-русски

В октябре 1957 года в Вашингтоне проходила Международная конференция по управляемым ракетным снарядам и спутникам Земли. На ней демонстрировалась модель еще не запущенного спутника «Авангард».

Незадолго до конференции сам генерал Дорнбергер, бывший шеф ракетного центра Пенемюнде, безапелляционно заявил во всеуслышание: дескать,

у русских нет «уменья, умственных способностей и возможностей», чтобы создать спутник раньше США.

...В зал неслышно вошел рассыльный и, лавируя между столами и стульями, добрался до представителей американской делегации. Один из них, Беркнер, прочитав переданную ему телеграмму, поднялся со своего места и звонко постучал по стакану. Воцарилась тишина. «Я хочу сделать поразительное сообщение, — не без волнения произнес Беркнер, — о запуске Советским Союзом спутника Земли. Я поздравляю советских коллег с этим достижением...»

Дата 4 октября 1957 года навеки врезалась в память человечества, сверкая надписью на величественном монументе, воздвигнутом в Москве недалеко от ВДНХ.

А 3 ноября, накануне 40-й годовщины Октября, в небе закружился еще один посланец Страны Советов. Второй спутник имел полезный вес 508,3 килограмма, то есть в шесть раз больший, чем вес первого спутника. На борту находился первый космический пассажир — собака Лайка.

И тогда, словно в ответ на чванливое высказывание бравого немецкого генерала, бывший сослуживец Дорнбергера по Пенемюнде Вернер фон Браун выступил с запоздалым признанием: «Чтобы сравняться темпами с русскими, Соединенным Штатам потребуется по меньшей мере пять лет сосредоточенных трудов».

2 декабря 1957 года американцы решили, наконец, забросить в космос свой «сателлайт». Размерами он был, как подтрунивала западноевропейская пресса, «чуть крупнее апельсина». На мыс Канаверал съехалось более 200 репортеров, радио- и телекомментаторов. Старт пришлось несколько раз переносить «из-за технических неполадок». Через четверо суток дежурный офицер нажал, наконец, кнопку пускового устройства. Ракета приподнялась на метр, наклонилась, затем, охваченная клубами дыма и языками пламени, рухнула на бетонную площадку космодрома. Не повезло и на следующий раз —

5 февраля 1958 года. Проект «Авангард» явно не оправдывал своего горделивого наименования.

Между тем параллельно шла работа во исполнение другой программы, отодвинутой поначалу на задний план. Вот ей-то и суждено было осуществиться раньше: 1 февраля 1958 года второй советский спутник, еще остававшийся на орбите, радушно принял в свою компанию американского коллегу — «Эксплоурер-1» («Исследователь-1»). Новый околоземной скиталец весил восемь и одну треть килограмма.

Достигнуть вожделенной цели помог проект «Орбитер» — тот самый, что был предложен Вернером фон Брауном.

Лишь 17 марта 1958 года полуторакилограммовое детище проекта «Авангард» принесло запоздалое утешение его «крестным родителям». В отличие от «Эксплоурера» новоприбывший лилипут не имел никакой исследовательской аппаратуры.

Не прошло, однако, и двух месяцев, как в мае 1958 года советская ракета дала всему миру понять, что былые «фантазии» о космическом полете корабля с человеком на борту близки к осуществлению. Она вытолкнула в невесомость целую тонну с «довеском» — 327 килограммами. Один этот довесок был в 50 с лишним раз тяжелее полезного груза, который несла первая советская ракета, запущенная 17 августа 1933 года.

Шесть с лишним килограммов, поднятые тогда на какие-нибудь 400 метров (даже облака ходят выше!). И 1327 килограммов на орбите, там, за плотной пеленой воздушного покрывала, в сотнях километров от земной поверхности. Какой разительный контраст! Дистанция же — четверть века. Мизерная, если приложить масштабную линейку истории. Исполинская, если мерять вехами научных достижений, достававшихся зачастую такой дорогой ценой.

Тысячи проблем вставали перед конструкторами даже там, где, казалось бы, еще пионерами реактивного летания намечен четкий маршрут.

Крыльям нужна опора

Топливо... Проблема номер один. В книге «Жидкое топливо для реактивных двигателей» (1936 год) сказано: «Вопрос о рациональном топливе имеет первостепенную важность. Прежде чем приступить к разработке реактивного двигателя, необходимо произвести выбор наиболее подходящего топлива — окислителя и горючего. В зависимости от того, насколько будет удачен этот выбор, стоит качество разрабатываемого двигателя, а иногда и успех всей работы».

Еще в те времена, когда кругом были известны только слабосильные пороховые ракеты, Циолковский высказал идею, ставшую краеугольным камнем космонавтики: использовать для заатмосферных кораблей не твердое, а жидкое топливо — более удобное в эксплуатации (его подачу в камеру сгорания легче регулировать) и к тому же более выигрышное в энергетическом отношении. Скажем, водород — самый теплотворный элемент — с кислородом (сочетание, предложенное Циолковским) сегодня применяется в жидкостных двигателях, например на американских космических ракетах.

Много ценных предложений по композициям жидких топлив для ракет было высказано Циолковским, Кондратюком, Цандером.

И если исполинские ракеты теперь стартуют, не взрываясь, если они уверенно и плавно набирают огромную скорость, если космические корабли с высочайшей точностью могут замедлять или убыстрять свой полет, то здесь немалая заслуга принадлежит ученым, овладевшим тайнами Прометеева дара. Теория горения и взрывов создана отечественной школой химической кинетики во главе с академиком Н. Н. Семеновым. Немалый вклад в науку о химических реакциях внесли коллективы ученых под руководством членов-корреспондентов АН СССР Л. Н. Хитрина, А. С. Предводителева и других.

Крупнейшим конструктором ракетной техники был лауреат Ленинской премии академик С. П. Ко-

ролев. Под руководством Сергея Павловича разработаны сложные ракетно-космические системы. С их помощью впервые в мире выведены на орбиту искусственные спутники Земли, доставлен на Луну советский вымпел, автоматические межпланетные станции облетели вокруг нашего ночного светила, сфотографировали его тыловое, не видимое с Земли полушарие; наконец, Королев вместе со своими соратниками вложил огромный труд в создание пилотируемых кораблей типа «Восток» и «Восход».

Нет, не случайны победы советского ракетостроения. Не вдруг, не по чужим маршрутам, не по укатанному тракту, подготовленному иноземными пионерами, вышли советские люди к звездам. Своей, неторной тропой пробивались вперед наши первопроходцы.

Разумеется, скачок от тогдашних масс и расстояний, с которыми имели дело гирдовцы, к теперешним, воистину космическим, подготовила не только ракетная энергетика, хотя, безусловно, проблема топлив и двигателей имеет первостепенную важность в завоевании космического пространства. Немалую роль сыграли успехи ракетодинамики — без них просто немыслимо точное выведение спутников на заданную орбиту.

Силы, действующие на ракету в полете, отнюдь не остаются постоянными. Меняется тяга, сопротивление атмосферных слоев неодинаково на разных высотах. По мере выгорания топлива ракета «худеет»: ее масса уменьшается. Понятно, почему расчет становится куда более сложным, чем решение классических задач по внешней баллистике — для артиллерийских снарядов.

В 1897 году профессор И. В. Мещерский получил основное уравнение, описывающее движение материальной точки с изменяющейся массой; оно обобщало, делало частным случаем второй закон Ньютона, справедливый для материальной точки с постоянной массой. Примерно в те же годы К. Э. Циолковский вывел знаменитую формулу для движения ракеты в безвоздушном пространстве. Однако

особенно широко математическое исследование реактивного движения развернулось после революции.

Успешно разрабатывали динамику баллистических ракет и реактивных самолетов Ф. А. Цандер и профессор В. П. Ветчинкин. В сборниках «Реактивное движение» и «Ракетная техника» гирдовцы не раз выступали с обзорами и оригинальными идеями. Так, Л. С. Душкин опубликовал интересную статью «Основные положения теории реактивного движения», а В. С. Зуев — «О вертикальном полете ракеты». В 1934 году была выпущена книга С. П. Королева «Ракетный полет в стратосфере».

В 1929 году в Новосибирске вышла из печати книга Юрия Васильевича Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств». Автор детально рассматривал задачу о выборе оптимальной траектории полета.

«Нужно взлететь верст на 50, — прикидывал он, — чтобы вредного влияния атмосферы избегнуть почти совершенно. Но атмосфера может оказаться и очень полезной при возвращении обратно как поглотитель развившейся скорости». Кондратюк проанализировал уравнение Циолковского и уточнил его применительно к многоступенчатым ракетам.

Ряд ракетодинамических задач разрешен А. А. Штернфельдом в его книге «Введение в космонавтику», изданной в 1937 году. Интересные работы по механике тел переменной массы выполнил профессор А. А. Космодемьянский.

Совершенствовались методы расчета траекторий. Разрослась и обособилась в самостоятельную научную дисциплину газовая динамика. Она объединила в себе те разделы аэродинамики, где исследуется сопротивление воздуха при сверхвысоких скоростях.

Основоположником газодинамики считается Сергей Алексеевич Чаплыгин. Его классический труд «О газовых струях», вышедший в 1902 году, получил мировое признание. Но лишь с 30-х годов начался по-настоящему буйный расцвет этой науки. Появились

работы академиков Н. Е. Кочина, М. В. Келдыша, Б. С. Стечкина, С. А. Христиановича, А. А. Дородницына, Г. И. Петрова, профессора Ф. И. Франкля, многих других. Советские ученые дали авиации и космонавтике методы, с помощью которых рассчитываются наивыгоднейшие траектории полета, аэродинамические формы самолетов и ракет, режимы работы и конструкции двигателей.

Плодотворными были усилия советских ученых и в смежных областях.

Наши химики, наши металлурги снабдили ракетчиков сплавами и пластмассами с необходимой прочностью — механической, термической, коррозионной. А приборостроители?

Выведение космических аппаратов на орбиту и получение от них необходимой информации требует высокоразвитой автоматики, телемеханики, радиоэлектроники. И здесь сказала свое слово русская инженерная мысль.

«Впервые принципы радиотелеметрии были использованы в приборах, поднятых на аэростате, примерно в 1925 году русским профессором Молчановым, — констатирует исторический факт Вилли Лей. — Талантливый ученый создал так называемый гребенчатый радиозонд, в котором регистрирующие перья приборов скользят по особым зубчатым металлическим гребенкам, являющимся электрическими контактами. Эта система была первой в своем роде».

Несколько уточнений: молчановский радиозонд, запущенный 30 января 1930 года в Павловске (под Ленинградом), достигнув 9-километровой высоты, исправно передал наземным «радиослушателям» все полученные им сведения.

Как недавно это случилось! И как далеко на глазах одного поколения шагнула советская техника дальней связи!

98 миллионов 363 тысячи километров — на таком расстоянии от Земли находилась автоматическая межпланетная станция «Марс-I», когда земные радиоуши настроились на ее позывные. Сеанс приема со-

стоялся 16 марта 1963 года. Пять дней спустя история радиосвязи зарегистрировала мировой рекорд дальности — 106 миллионов километров.

А первый земной зонд к Венере отправился гораздо раньше — 12 февраля 1961 года. И опять-таки с советского космодрома. Сначала с наземного, потом с небесного.

Осуществилась еще одна идея Циолковского: заоблачной стартовой площадкой стал тяжелый спутник, выведенный на околоземную орбиту.

Старт с борта искусственного спутника, осуществленный впервые в мире при отправке межпланетного разведчика к Венере, был использован также при запуске автоматической межпланетной станции (АМС) «Марс-I», при высадке знаменитого десантника-робота, передавшего на землю «фотографию века» — пейзаж с лунным камнем, и в других случаях дальних межпланетных полетов.

Море Спокойствия или Океан Бурь?

Интересно: за 120 лет до межпланетной экспедиции русского фоторобота русский же (петербургский) журнал «Иллюстрация», поместив рисунок лунного лика, писал: «Мы видим вечно только одну сторону Луны и никогда не увидим другой».

Теперь на библиотечную полку рядом с журналом «Иллюстрация» лег «Атлас обратной стороны Луны», изданный Академией наук СССР. По первому лунному глобусу земляне могут изучать географию — нет, селенографию! — нашей чуточку обрусевшей космической соседки: Море Москвы, кратер Ломоносова, кратер Циолковского. И удивляться величию человеческого гения, пославшего электронных Колумбов к неземным «терра инкогнита»...

3 февраля 1966 года в 21 час 45 минут 30 секунд «Луна-9» опустилась на безводную и безмятежную твердь Океана Бурь. Крупный грушевидный предмет, упавший из черной пустоты космоса, раскрыл свои створки-лепестки и теперь лежал, как цветок, выде-

ляясь среди хаотических всплесков каменистой зыби своими правильными геометрическими формами. В 4 часа 50 минут по команде с Земли его телекамера вперилась в грунт, и на земных голубых экранах пядь за пядью стала возникать круговая панорама лунного ландшафта.

«Весьма о многом говорит уже сам факт посадки без сколько-нибудь значительного погружения в грунт, — считает сотрудник Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга Ю. Н. Липский, который наряду с Н. П. Барабашовым, Н. А. Козыревым, Б. Ю. Левиным, А. В. Макаровым, Н. Н. Сытинской, В. В. Шароновым и другими принадлежит к когорте советских ученых, внесших наибольший вклад в селенофизику. — О прочности грунта можно судить и по многочисленным камням, лежащим близ места посадки, которые, кстати, вовсе не занесены космической пылью».

Мягкое одеяло космической пыли, на котором-де останутся следы первых лунопроходцев, — сколько о нем писалось! А не миф ли оно? По крайней мере на панораме Океана Бурь его не видно.

Не так давно совершили десант на Луне и американские аппараты. Советские ученые искренне рады большому успеху коллег из США. Но никогда не забудется первый цветок, раскинувший живые лепестки на мертвой зыби Океана Бурь. Как не забудутся первые дела и мечты «лунатиков» 20-х годов.

Сотни тонн драгоценного груза подняты в космос советскими ракетами.

Сотни томов еще более драгоценной информации получено из космоса взамен (да простят специалисты этот образ, кстати отнюдь не гиперболический!).

Но космические аппараты не только источники информации, не только «репортеры». Теперь они, подобно почтальонам, стали ее переносчиками.

В апреле и октябре 1965 года в Советском Союзе были запущены спутники связи «Молния». Испытания показали, что новые обитатели заоблачных высот в состоянии обеспечить передачу программ черно-белого и цветного телевидения. Или многоканальную

телефонно-телеграфную (в том числе фототелеграфную) связь между СССР и государствами северного полушария — от острова Свободы до Страны восходящего солнца. С мая 1961 года через «молниеносные» ретрансляторы ведется регулярный обмен телепередачами между Москвой и Владивостоком. С июля вступила в действие космическая телефонная связь.

Как видно, космическая информация не залеживается мертвым грузом на библиотечных полках. Она стала приносить явные экономические выгоды.

В Директивах XXIII съезда КПСС на пятилетку 1966—1970 годов предусмотрено дальнейшее изучение космического пространства и использование полученных результатов для совершенствования радиосвязи, радионавигации, телевидения, метеорологической службы и для иных земных надобностей.

«Космические полеты имеют не только большое научное, но и важное практическое значение, — подчеркивает академик А. А. Благонравов. — Они принесли нам новые важные данные об ионосфере, необходимые для знания законов распространения радиоволн. Изучение магнитного поля Земли, ее радиационных поясов, корпускулярных потоков, извергаемых Солнцем, позволит раскрыть тайну полярных сияний и магнитных бурь, нарушающих радиосвязь на Земле».

Академик упоминает радиационный пояс планеты. Речь идет о зонах сильного излучения, которые охватывают земную атмосферу примерно так, как камера, а за ней покрышка опоясывает обод автомобильного колеса. Исполинской ловушкой для заряженных частиц, ниагарами низвергающихся из глубин вселенной, служит сетка земных магнитных линий.

Прямое измерение излучений на больших высотах советским спутником привело к открытию внешней зоны радиационного пояса. Внутренняя открыта американскими спутниками. Измерения, проделанные космической станцией «Луна-2», внесли существенные

поправки в прежние представления о том, какими частицами заполнен пояс.

Трудно переоценить значение этих исследований. Попав в околоземное поле заряженных частиц, незащищенный космонавт меньше чем за час получил бы смертельную дозу радиации, засветилась бы пленка, могли бы пострадать приборы. К счастью, само расположение зон дает возможность миновать их наиболее опасные участки: для выхода во вселенную имеются просторные «отдушины». Все это обязаны учитывать те, кто конструирует космические корабли, рассчитывает для них траектории и запускает их. Важно учитывать также периоды, когда солнечные вспышки поднимают фон космической радиации.

«Без специальных мер защиты межпланетные путешествия в это время невозможны», — предупреждает член-корреспондент АН СССР С. Н. Вернов.

Нет, космос — это не море спокойствия! Скорее это океан бурь.

Вот, оказывается, сколько барьеров стоит на пути человека к звездам! О них даже и не подозревали ракетчики тридцатых годов.

Но первый и главный шлагбаум уже поднят.

По твоим стопам, Магеллан!

...Весной 1961 года афиши обещали одесситам спектакль «Королевский брадобрей», прощальную гастроль укротительницы тигров Маргариты Назаровой и прочие соблазны. А рядом висел яркий плакат, приглашавший на лекцию «Когда человек полетит в космос».

Лекция была назначена на 14 апреля. А 12 апреля чья-то рука уверенно поставила крест на словах «Когда человек полетит в космос» и вывела лихорадочной скорописью: «Уже! Ура! Полетел! Гагарин!»

Это не выдумка: снимок с перечеркнутой афишей воспроизведен в «Дневнике летчика-космонавта К.»

(журнал «Авиация и космонавтика»). В «Дневнике», между прочим, говорилось: «Жюль Верн отправил во вселенную трех путешественников: англичанина, француза и американца. Русского парня среди его пассажиров не было. Известный своими смелыми прогнозами писатель не мог тогда даже предположить, что отсталая царская Россия сумеет сделать такой колоссальный рывок и занять ведущее место в мировой науке и технике».

Теперь наших парней знает вся планета. Десять парней, которые потрясли мир: Гагарин, Титов, Николаев, Попович, Быковский, Комаров, Феоктистов, Егоров, Беляев, Леонов. Десять мужчин и одна женщина, Валя Терешкова, первая и единственная в целом свете, которая своим мужеством не уступит никому из этих десяти героев-космонавтов, простых и славных советских парней. Как, впрочем, и никому из американских парней, побывавших в космосе.

Их было одиннадцать, советских людей, вошедших в когорту первопроходцев космоса. Их осталось девять; двое безвременно ушли от нас, ушли из жизни, честно и до последней минуты исполняя свой служебный долг. Но имена и дела этих двух героев переживут века.

12 октября 1964 года мощная ракета-носитель подняла в небеса многоместный корабль «Восход» — первую в мире орбитальную исследовательскую лабораторию. Экипаж корабля составляли: командир инженер-подполковник Владимир Комаров, научный сотрудник, кандидат технических наук Константин Феоктистов и врач Борис Егоров. Впервые космонавты совершили полет без скафандров и без системы катапультирования. Для этого было необходимо обеспечить безупречную герметичность. Вот что рассказал В. М. Комаров по возвращении из полета:

— Работа не прекращалась ни на минуту. Когда кто-то один отдыхал, двое других продолжали собирать научную информацию. Еще одно преимущество перед «Востоком»: немедленный обмен мнениями помогал оценивать наблюдаемые явления более объективно.

В программе нашего полета не было ничего, что могло бы использоваться против человека, против цивилизации. Пусть поднимаются тысячи мирных ракет с исследователями космоса. И пусть не поднимается ни одна ракета со смертоносным военным грузом!

Подводя свой итог, «Юнайтед Стейтс ньюс энд Уорлд рипорт» с горечью констатировал, что Россия далеко обогнала Америку.

У двери в солнечную систему

27 января 1967 года астронавты Роджер Чаффи, Вирджил Гриссом и Эдвард Уайт разместились в кабине «Аполлона-I». За десять минут до имитированного запуска телеэкран, демонстрировавший внутренность капсулы, озарила яркая вспышка. Раздались звуки лихорадочных движений, тревожные возгласы.

Техникам понадобилось пять минут, чтобы пробиться сквозь густой дым и открыть люк. Перед ними, скорчившись в неестественных позах, лежали обугленные трупы. Космическая капсула стала земным крематорием...

Кошмар катастрофы давно преследовал американских астронавтов. Техническое несовершенство ракет и капсул неоднократно ставило пилотов на грань жизни и смерти.

Доктор Бернард Ваннер из Нью-Йоркского медицинского колледжа, оценивая положение вещей, подчеркивал, что корабли «Восток» сто раз успешно обогнули Землю и вернули из космоса четверых собак, прежде чем стартовали с людьми на борту. Свою надежность советские машины продемонстрировали еще и тем, что они сделали свыше 1600 витков около нашей планеты. Между тем орбитальному полету американца Гленна предшествовало лишь три экспериментальных запуска одноместной капсулы «Мер-

курий», а общее число витков не превосходило сорока.

Немало беспокойства принесли американским космонавтам и неисправности, возникавшие в двухместных спутниках «Джемини». Например, при первом же пилотируемом полете, не успев очутиться на орбите, Гриссом уже докладывал о неисправностях в стабилизирующей системе. Вышли из строя усилители постоянного тока и регулятор подачи кислорода. При посадке раскрывшийся парашют так дернул капсулу, что астронавтов с силой швырнуло на стенку. В какой-то миг они подумали: уж не конец ли? Правда, тогда они отделались лишь ушибами.

Корабли «Джемини» не баловали своим безупречным поведением и других пилотов. В частности, Ширра и Стаффорд в соответствии с требованиями техники безопасности должны были еще на стартовой площадке катапультироваться, но, чтобы не срывать программу полета, они на свой страх и риск не нажали спасительную кнопку. Им повезло — взрыва не последовало.

А вот Гриссому, Чаффи и Уайту не повезло. Мужественные покорители космоса, они погибли на Земле, не оторвавшись от нее ни на дюйм...

Гриссом, как, наверное, и его товарищи, мечтал первым ступить на Луну. Однако судьба распорядилась иначе.

Чуть раньше, накануне полета Гриссома вместе с Янгом, американская пресса раструбила «городу и миру», что вскоре один из граждан США впервые «встретится лицом к лицу с космосом», высунув на минуту голову сквозь люк капсулы «Джемини». Предсказание не сбылось...

18 марта 1965 года. На орбите — «Восход-2». В кабине двое: командир корабля Павел Беляев и второй пилот Алексей Леонов. Закончился первый виток. Начинается второй. Пора!

И человек шагнул в пустоту.

Около 500 звездных часов налетали наши космо-

навты. Но и десять минут Алексея Леонова, проведенные в открытом космосе, стоят целой эпохи.

«Он гуляет в космосе!» «Русский ходит пешком в пустоте!» «Пять шагов по Млечному Пути».

Экстренные выпуски последних известий зачитываются до дыр.

«Ничто, по сути дела, не могло столь наглядно и ощутимо доказать правоту социалистического строя, — заявил английский писатель Джеймс Олдридж. — Вы творите не только подлинную революцию, преобразуя общество, но и меняете коренным образом отношение человека к космосу. Об этом, наверно, мечтал в свое время Ленин, рисуя себе будущее своего народа. Вы умеете мечтать, вы мужественны, и вы хорошо делаете историю!»

«Юнайтед Стейтс ньюс энд Уорлд рипорт» в 1966 году тяжело вздыхал: «СССР продолжает лидировать в гонке, цель которой — послать человека на Луну».

В 1966 году Советский Союз продолжал методично осуществлять широкую программу космических исследований. Вот ее важнейшие вехи:

— 1 марта 1966 года созданный руками человека аппарат впервые достиг планеты солнечной системы; АМС «Венера-3» доставила на поверхность «утренней звезды» вымпел с гербом СССР;

— 16 марта успешно закончился 22-суточный орбитальный полет «Космоса-110» с двумя пассажирами — собаками Ветерком и Угольком; выясняется, как действует на организм длительное пребывание в космических условиях;

— 3 апреля наш естественный спутник впервые обрел собственную «Луну»: ею стала автоматическая станция «Луна-10», 30 мая с ней проведен последний из 219 сеансов связи;

— 6 июля осуществлен запуск огромной летающей лаборатории «Протон-3» весом свыше 12 тонн для исследования космических лучей;

— 28 августа на селеноцентрическую орбиту вышла «Луна-11»; а вслед за ней, 25 октября, — «Луна-12»; получены фотографии нашего ночного

светила, а также новые сведения о радиационной и метеорной обстановке;

— 24 декабря советская автоматическая станция «Луна-13», еще более совершенная, чем «Луна-9», мягко опустилась на поверхность ближайшего к нам небесного тела; измерена плотность лунного грунта, изучены другие его свойства, переданы на Землю его снимки с малого расстояния...

И вдруг...

24 апреля 1967 года при завершении испытательного полета на новом космическом корабле «Союз-1» трагически погиб летчик-космонавт Владимир Комаров...

«Сознанием понимаешь, что, когда идет завоевание вселенной, возможны жертвы, — писали в те траурные дни «Известия». — Сердцем это понять тяжело... Природа сурова, всегда готова предъявить первопроходцам счет. Счет этот уже оплачен жизнями трех мужественных американских космонавтов. Они сгорели на Земле, и мы скорбели об этих смертях. Нынче погиб наш соотечественник — ему дано было насладиться последним полетом, — и вот погиб, возвращаясь домой, у самой Земли».

А в конце марта 1968 года... Поначалу не верилось: неужели это он?

С портрета, обрамленного траурной каймой, смотрело лицо космонавта номер один. До сих пор трудно свыкнуться с мыслью, что и его уже нет в живых...

«Пускай ты умер!.. Но в песне смелых и сильных духом всегда ты будешь живым примером, призывом гордым к свободе, к свету!»

Эти слова из горьковской «Песни о Соколе» прозвучали в речи Андрияна Николаева на траурном митинге 30 марта 1968 года, когда Москва провожала в последний путь Юрия Алексеевича Гагарина.

«Несмотря на смерть Гагарина, его место в истории вне всякой конкуренции, — писала английская газета «Сан». — Он был первым человеком в кос-

мосе, первым, кто вернулся обратно и рассказал нам сказочную быль».

А из обычного тренировочного полета на реактивной крылатой машине он не вернулся. Вместе с ним погиб инженер-полковник Владимир Сергеевич Серегин — авиационная катастрофа оборвала и его жизнь.

И снова вспоминаются слова Циолковского: «Но мы, наученные историей, должны быть мужественней и не прекращать своей деятельности от неудач. Надо искать их причины и устранять их».

Нет, никакие временные неудачи не заставят покорителей космоса пасть духом и опустить руки. Лаконичные газетные строки оповещают нас о новых и новых бросках во вселенную.

А 10 апреля 1968 года выведена на селеноцентрическую орбиту «Луна-14». Это новый источник селенофизической, геофизической и астрофизической информации.

Этот перечень удлиняется уже не с каждым годом, а почти с каждым месяцем. Придет день, когда в нем появится сообщение о благополучном возвращении первой межпланетной экспедиции — сначала с Луны, потом...

Космос обживается

12 июня 1967 года в космос ушла автоматическая межпланетная станция «Венера-4». 18 октября, в канун пятидесятилетия Великого Октября, она плавно опустилась на поверхность Венеры.

До последнего времени сведения о свойствах газовой оболочки, окутывающей ближайшую к нам планету солнечной системы, были весьма противоречивы. Например, оценки давления у поверхности Венеры расходились в десятки раз, колеблясь между 1 и 100 атмосферами. Теперь, после прямых измерений, проделанных советским десантником-автоматом, этот интервал сузился до 15—22 атмосфер. Ока-

залось, что верхний слой почвы отнюдь не проморожен до минус 40 градусов, но и не раскален до плюс 400, как полагали раньше; его температура составляет около 280 градусов. Уточнен также химический состав венерианской атмосферы.

«Русские сумели продемонстрировать свое превосходство, — писала «Вашингтон ивнинг стар», — устроив сенсационную мягкую посадку станции «Венера-4» всего за 36 часов до того, как американская станция «Маринер-5» должна была закончить свою миссию, пролетев мимо Венеры на расстоянии 2500 миль (4000 километров) от нее».

А 22 октября в СССР вышел на околоземную орбиту очередной спутник связи «Молния-1». Воспринимая сигналы Московского телецентра, космические ретрансляторы этой серии возвращают их на Землю усиленными в тысячи раз. Самые дальние уголки нашей страны получают возможность смотреть московские телепрограммы.

Недавно вступили в строй приемные станции «Орбита» в городах Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока. К большой телевизионной сети страны, охватывающей территорию, где проживает около 120 миллионов человек, подключилось еще 20 миллионов телезрителей.

30 октября у нас был запущен спутник серии «Космос» — очередной, 188-й по счету. Выйдя на орбиту, он пошел на сближение со своим предшественником — «Космосом-186». Причалив друг к другу, оба аппарата жестко соединились в одно целое. Так впервые в истории осуществилась стыковка непилотируемых спутников. Через три с половиной часа совместного полета «Космос-188» и «Космос-186» по команде с Земли отделились друг от друга и перешли на разные орбиты.

Все эти сложные маневры проделывались автоматически, с помощью специальных радиотехнических средств и счетно-решающих устройств, установленных на борту. Изображение состыкованных аппаратов, переданное из космоса, появилось на экранах наземных телевизоров.

«Этот эксперимент, — заявил академик Г. И. Петров, — является более значительным, чем проведенный в США опыт соединения космического корабля «Джемини» с корпусом ракеты-носителя с помощью экипажа».

А 15 апреля 1968 года была осуществлена автоматическая стыковка еще одной пары спутников — «Космос-212» и «Космос-213».

Успех сложнейшей космической операции открыл новые перспективы в завоевании межпланетного пространства. Он доказал: монтаж небесных конструкций из узлов, несущихся с огромными скоростями, вполне реален и без участия людей, находящихся рядом. С другой стороны, появилась возможность оказать скорую помощь экипажам космических кораблей — достаточно послать на выручку аппарат, который сам разыщет космонавтов, доставит им все необходимое и, если нужно, возьмет их на буксир.

Итальянская пресса, говоря о новом шаге вперед, предпринятом Советами, расценивала его как прелюдию к созданию на околоземной орбите огромных космических платформ, которые будут служить базой для полетов людей на Луну и другие планеты.

Аппараты «Молния», «Космос», «Луна», «Венера», «Марс»...

Что потом? Гадать трудно, но ясно одно: самые дерзновенные мечты Циолковского, Цандера, Кондратюка, Королева, их товарищей близки к своему осуществлению.

«Что могущественнее разума? Ему сила, власть и господство над всем космосом».

Так говорил Циолковский. Справедливость его слов подтверждается делами его соотечественников...

На чьих плечах держится небесный свод

...Сперва было слово. Был разум, растревоженный манящим блеском светил. Бессильный утолить жажду истины, он находил утешение в необузданных

фантасмагориях. Были чудища с вставными глазами, которые пьют сгущенный воздух, питаются паром жареных лягушек, вынашивают младенцев, как кенгуру, в теплых карманах-набрюшниках, — именно таким увидел лунный мир Лукиан Самосатский, первым из фантастов ступивший на наше ночное светило в своей книге «Правдивая история. Путешествие на Луну, Солнце и остров Светильников, лежащий между Плеядами и Гиадами» (II век нашей эры).

И еще была вера. Были боги, как две капли воды похожие на простых смертных и, как небо от земли, отличавшиеся от них своим безграничным могуществом. Хрупкая девушка в коротком хитоне, появляющаяся с колчаном за плечами, в сопровождении лани, — ей ли повелевать судьбами светил и людей? Между тем ей трепетно поклонялись. Ибо юная красавица была богиней Луны, и звали ее Артемидой. Чтобы ублаготворить ее, снискать у нее покровительство, жители Эфеса воздвигли огромный и прекрасный храм — Артемисион. Настолько огромный и прекрасный, что его единодушно причислили к одному из семи чудес света. Но искусные сооружения, хотя и построенные в честь богов, укрепляли веру в людей. В мастерство их рук. В могущество их разума.

А потом были дела. Были научные откровения, которым пядь за пядью уступали место наивные верования. Были стрелы, которыми повелевали не боги, но люди; и эти огненные стрелы поднимались «все выше, выше и выше, ближе к звездам».

А богов больше не было; их предполагаемое обиталище оказалось пустотой. Зато остались и пребудут в веках бессмертные творения человеческих рук.

В 356 году до нашей эры Греция была потрясена известием о гибели знаменитого храма. Житель Эфеса, некий Герострат, желая во что бы то ни стало увековечить свое имя, поджег Артемисион. Преступление жалкого честолюбца вызвало всеобщее негодование. Храм был восстановлен и стал еще прекраснее.

В 1944 году нашей эры планета была потрясена известием о «роботблице». Ракеты, на которые столько надежд возлагало миролюбивое человечество, стали орудием смерти и разрушения. Новый поджигатель, Гитлер, возмечтал стяжать себе лавры Герострата. Раздавив гитлеризм, став мощной ракетной державой, Советский Союз активно выступил за использование космического пространства только в мирных целях. Московский договор о запрещении ядерных испытаний на суше, воде и в воздухе, а также резолюция ООН о невыводе на орбиту объектов с ядерным оружием заложили основы правопорядка в освоении космоса. В 1966 году СССР проявил новую мирную инициативу, предложив заключить международный договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела.

22 апреля 1968 года в Москве подписано международное Соглашение о спасании космонавтов, одобренное в декабре 1967 года Генеральной Ассамблеей ООН. Оно предусматривает целый комплекс мероприятий, обеспечивающих всемерную помощь экипажам космических кораблей в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки.

В 1965 году в Москве представители Болгарии, Венгрии, ГДР, Кубы, Монголии, Польши, Румынии, СССР и Чехословакии договорились о совместном создании и запуске исследовательских ракет, спутников, о разработке приборов для космических исследований. Исследовательская ракета Чехословакии уже стартовала в космос. Советский Союз помогает Индии в строительстве международного полигона для запуска геофизических ракет; с этой целью он передал ей безвозмездно вертолет, электронно-вычислительную машину и другое оборудование.

В 1966 году СССР и Объединенная Арабская Республика решили организовать при Хелуанской обсерватории специальную станцию для наблюдений за космическими объектами. Соглашение с Францией предусматривает запуск французского спутника с советского космодрома. СССР обменивается с Францией

телепрограммами через спутник «Молния-1», с Соединенными Штатами — метеорологической информацией, поступающей со спутников — американских, входящих в космическую систему ЭССА, и советских, составляющих систему «Метеор», которая передает телеизображение не только освещенной земной половины, как американская, но и теневой (при этом разрешающая способность телеаппаратуры «Метеора» втрое выше, чем у ЭССА). Уже действует прямой канал круглосуточной связи по трассе Москва — Варшава — Берлин — Франкфурт-на-Майне — Лондон — Вашингтон.

Наша страна с готовностью сотрудничает с другими государствами в мирном завоевании космоса. Но, памятуя о преступлениях фашизма, она вынуждена быть начеку. И ракетно-ядерный щит надежно ограждает нашу Родину от посягательств новых геростратов.

...Он не похож на храм, этот монумент, хотя, величественный и строгий, может поспорить совершенством с самим Артемисионом. И чудом света его никак не сочтешь, есть архитектурные и инженерные сооружения пограндиознее. Но разве не чуду посвящен он — подлинному научно-техническому чуду XX века?

В стремительном разбеге застыла космическая ракета. Там, на высоте птичьего полета, ее поддерживает сужающаяся кверху опора, покрытая сверкающими листами титана. Если смотреть на памятник сбоку, глаза невольно начинают скользить по плавному, математически изящному контуру, круто взмывающему ввысь. Динамика взлета, экспрессия движения, а рядом, внизу у пьедестала, в покойном кресле сидит усталый пожилой человек. Согбенные плечи. Натруженные руки. Лицо философа. Задумчивый взор, устремленный вдаль. Но разве не его беспокойная, вечно ищущая мысль вдохнула жизнь в этот узкий серебристый корпус, нацеленный в небо?

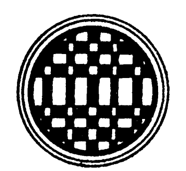
У подножия памятника играют дети. Кое-кто из

них уже умеет, правда не очень уверенно, читать по складам: «Циолковский». Кто-то из них уверенно напишет это имя на картах будущих звездных открытий.

А поодаль, у кинотеатра «Космос», идут улицы Ф. А. Цандера, Ю. В. Кондратюка, С. П. Королева. Придет время, и таблички с этими именами прикрепят к стенам своих домов первые поселенцы марсианских кварталов.



Глава вторая



ИЗ ИСКРЫ — ПЛАМЯ

Химия и физика так соединены между собою, что одна без другой быть не могут.

М. В. Ломоносов

Середину комнаты занимает помост. На самый верх его взгромоздилась эбонитовая ванна из-под аккумулятора. От нее, словно щупальца осьминога, тянутся шланги — вниз, к лабораторным столам. Бак самодельной водонапорной башни вмещает пятнадцать ведер. Каждое утро научные сотрудники лаборатории отправляются по воду. Научных сотрудников трое. Поэтому, пока двое весело гремят ведрами, третий вовсю рубит дрова. Потом растапливает печурку — ту, что притулилась по соседству с помостом. Ибо в здании Политехнического института бездействует не только водопровод, но и паровое отопление. А на дворе стужа. Чтобы научная мысль в лаборатории не закоченела, «буржуйку» приходится к концу рабочего дня топить еще раз.

Сегодня рабочий день закончился рано: стрелки часов показывают всего девять. Научные сотрудники ужинают. Вдруг отворяется обитая войлоком дверь, и вместе с волной холода в комнату быстрыми шагами входит шеф. Это никого не удивляет: заведующий лабораторией тоже полуночник. Шефу дня мало: уйму времени отнимают хозяйственные дела, пропади они пропадом! То того не хватает, то другого

недостает. Ведь он к тому же еще и заместитель директора Государственного физико-технического рентгеновского института.

В печке потрескивают поленья. Примостившись поближе к ее теплым бокам, сотрудники обсуждают результаты опытов. Набегают вопросы. Их много: область электронных явлений, которыми занимается лаборатория, — неподнятая целина. Даже в физике. А уж тем более в химии: там электронные представления делают совсем еще робкие шаги.

Всего шесть-семь лет назад — в 1916 году — были предложены первые электронные модели химической связи немцем Косселем и американцем Льюисом. Они многое объяснили в том, что касается строения молекул. Готовых молекул. А как эти молекулы образуются, где скрытые пружины их взаимодействия, в чем заключается механизм химической реакции — на эти вопросы ответа не было.

Вот, к примеру, огонь, который так умиротворенно бушует в печурке. Десятки тысячелетий, со времен первобытных костров, знакомо с ним человечество. А много ли мы знаем об этом ярком чуде природы? Достаточно чиркнуть спичкой — из искры возгорится пламя. А почему? Каким образом? Легко написать формулу горения углеводородов, только что это даст? Уравнение содержит в левой части исходные вещества, в правой — продукты реакции. Есть состояние до процесса и после него. А где же сам процесс? Где промежуточные стадии с их хитрым закулисным механизмом?

В том же, что механизм этот отнюдь не так прост, сомневаться не приходится. Допустим, что от тепла вспыхнувшей спички краешек чурки нагрелся. Некоторые молекулы древесины разрушились. То же произошло с соседними молекулами кислорода (их много в окружающем воздухе). Связи перераспределились: теперь углеродные и водородные атомы соединились с кислородными. Конечными продуктами горения будут углекислый газ и вода. На сколько таких «элементарных» актов хватит тепла одной спички? На миллион? На миллиард? Но ведь молекул-то,

которые подвергнутся превращению, неизмеримо больше! Триллионы триллионов в легонькой щепочке. Между тем полыхает огнем и сгорает дотла целая охапка поленьев. От крохотного факела одной-единственной спички!

Толчок ничтожен — эффект велик. Какие силы передают огненную эстафету от молекулы к молекуле?

Впрочем, пламя, разгоревшееся из искры, кажется, погасло: печь начинает остывать. Пора уходить. Уже двенадцать, а научным сотрудникам еще часа два надо посидеть за учебником — ведь они как-никак студенты. Им всего по восемнадцать-двадцать лет. Их руководителю, заместителю директора, — двадцать шесть. Пройдет несколько десятилетий, и имена сегодняшних второкурсников узнает вся страна: академик В. Н. Кондратьев, академик Ю. Б. Харитон, член-корреспондент АН СССР А. Ф. Вальтер (ныне покойный). Первый станет одним из крупнейших в мире специалистов по строению молекул и механизму элементарных химических актов. Второй за несколько лет до создания атомного котла даст расчет ядерной цепной реакции. Ну, а их старший товарищ, академик Н. Н. Семенов, в 1956 году из рук шведского короля Густава Адольфа примет диплом и медаль нобелевского лауреата за разработку новой теории химических процессов. И этому успеху советской науки будут аплодировать также ракетостроители всего мира.

Но пока эти молодые люди еще не знают, что определит их научную биографию. Пока что они озабочены другим — как добраться домой по ночному Ленинграду (тогда еще Петрограду) 1922 года... Потом Николай Николаевич Семенов напишет в воспоминаниях: «Один из студентов отправляется в общежитие, а друзья его живут далеко в городе. Но трамваи уже не ходят, да и вообще они ходят с перебоями. Надо что-то придумать. Второй располагается на диване в лаборатории, третий идет ночевать ко мне. Он такой маленький и худой, этот будущий академик Юлий Борисович Харитон. Стоит двадцатиградусный мороз, а на нем один брезентовый плащ до пят и

длинный-длинный шарф. Он работал раньше монтером, а теперь ему трудно приходится. Как сотрудник института, он получает несколько миллионов рублей в месяц, но — увы! — у рыночных торгашей на них можно купить так мало. Гораздо важнее карточки, и самое важное — это обед в студенческой столовой, хотя состоит он из жидкого супа и неизменной пшенной каши на воде. Я живу много лучше — у меня академический паек из Цекубу. Приходим домой, здесь холодно, но оба садимся за книги. Перед сном, в постели, думаю, где же достать кабель...»

Цепи Прометея

...Открытие пришло нежданно-негаданно.

В конце 1924 года в аспирантуру к Н. Н. Семенову поступила молодая университантка Зина Вальта. Под руководством Ю. Б. Харитона ей поручили исследовать окисление фосфора.

Все знают: белый фосфор светится в темноте (об этом говорит само греческое название вещества: «светоносный»). Причина — взаимодействие с кислородом воздуха. Но какая доля энергии этой химической реакции выделяется в виде светового излучения? Вероятно, далеко не все молекулы продуктов реакции в состоянии испустить свет. Им мешают кишащие вокруг другие молекулы, которым они вынуждены отдавать свою энергию при столкновениях, вместо того чтобы высвечивать ее. А если понизить давление воздуха? Иными словами, вместо густой толпы кислородных молекул оставить лишь редких «прохожих»? Тогда процент светящихся молекул, очевидно, должен возрасти в тысячи раз!

В колбу поместили кусочек белого фосфора. Воздух из сосуда откачали вакуумным насосом. Колбу нагрели. При пониженном давлении и повышенной температуре твердый фосфор возгоняется лучше, чем при нормальных условиях. Его пары заполнили весь внутренний объем. И тут экспериментаторы добавили в сосуд немного кислорода. Ожидалось, что

немедленно последует яркая вспышка. Ведь всегда считалось, что пары фосфора при любых условиях бурно соединяются с атомами кислорода, образуя пятиокись. Ничего подобного! Реакция не шла. Она начиналась лишь в том случае, если давление кислорода в сосуде достигало определенного порогового значения. Но как только кислород, соединяясь с фосфором, выгорал и давление падало, реакция прекращалась. Прекращалась, хотя внутри сосуда наряду с парами фосфора по-прежнему присутствовали молекулы кислорода. Стоило, однако, добавить кислорода чуть-чуть, чтобы только поднять его давление выше критического, как опять происходила вспышка. Более того: оказалось, что вовсе не обязательно добавлять именно кислород. Даже аргон, введенный в сосуд, вызывал свечение. Инертный, химически бездеятельный газ, он, разумеется, в реакции сам не принимал участия. Он лишь поднимал давление, заставляя реагировать фосфор и кислород, присутствующие в колбе.

Это шло вразрез со всеми тогдашними теоретическими воззрениями. Статья Ю. Б. Харитона и З. Ф. Вальта, напечатанная в Германии, подверглась резкой критике со стороны профессора М. Боденштейна, крупнейшего знатока во всем, что касалось тонкого химизма взаимодействий. «Иллюзия!» — аттестовал маститый немецкий ученый результаты молодых советских авторов. Мол, свечения не было потому, что в сосуде вообще не было кислорода, хотя экспериментаторам и казалось, будто они его туда вводили. Обычная ошибка опыта...

Н. Н. Семенов решил сам повторить работу от начала до конца скрупулезнейшим образом, со всеми мыслимыми предосторожностями. Результаты полностью подтвердились. Кроме того, был обнаружен новый, столь же поразительный эффект: значение критического давления тем меньше, чем больше объем сосуда. Так на арену споров выступил еще один параметр горения — критические размеры сосуда.

Но как объяснить странные закономерности?

При падении давления ниже критического молеку-

лы фосфора и кислорода не перестают сталкиваться друг с другом. Почему же эти многократные «рандеву» не оканчиваются тотчас и повсеместно вступлением в «брак» и свадебным фейерверком? Почему для заключения «брачного союза» требуется, чтобы где-то поблизости присутствовали в определенном количестве другие участники церемонии — дополнительные порции кислорода или аргона? И какую роль играют просторы, так сказать, кубатура помещения, где происходит химическая «помолвка»?

В свое время у химиков подобное недоумение вызывала другая загадка. Достаточно яркому световому лучу упасть на смесь хлора и водорода, чтобы началась реакция, протекающая взрывообразно. Не кто иной, как Боденштейн, установил, что один-единственный фотон приводит к образованию сотен тысяч молекул хлористого водорода. Это как-то не вязалось с эйнштейновским законом фотохимической эквивалентности, согласно которому один квант может вызвать лишь один элементарный акт химического превращения.

Немецкий физико-химик Нернст дал такое объяснение. Порция световой энергии расщепляет двухатомную молекулу хлора: $Cl_2=2Cl$. Каждый из разлученных атомов-близнецов немедленно начинает рыскать, подыскивая себе достойного партнера. И находит: он отрывает его у первой попавшейся двухатомной молекулы водорода, когда случайно сшибается с ней: $Cl + H_2 = HCl + H$. Водородный атом, «третий лишний», в свою очередь, разбивает молекулу хлора и тут же связывает себя «брачными узами» с одним из ее атомов: $H+Cl_2=HCl+Cl$. Новый «холостяк» продолжает дело, начатое его предшественником. И так снова и снова. Но после каждого нападения происходит «обручение» атомов H и Cl, причем молодая чета HCl тотчас выбывает из игры, оставляя всякий раз одного отщепенца. Стремительно развиваясь, вереница взаимодействий охватывает молекулу за молекулой. Перед нами цепная химическая реакция. Правда, цепочка может оборваться, если атом хлора встретится не с молекулой водорода, а с себе

подобным. Но ведь на сосуд со смесью падает не один квант! Если же в реакционном объеме цепочек множество, то они могут охватить всю смесь.

Поначалу Семенов пытался применить именно эту схему для истолкования своих наблюдений. Ничего путного не получалось. И вдруг однажды вихрь противоречивых мыслей озарился догадкой, которая все поставила на свои места.

Да, окисление фосфора тоже носит цепной характер. Только цепь здесь не линейная, а разветвленная!

Вот уравнение реакции: $P_4+5O_2=2P_2O_5$. Оно немо: ничего не говорит о внутренних пружинах и перипетиях взаимодействия. Между тем процесс напоминает постепенно нарастающую горную лавину, которая начинается порой со слабого первотолчка — с падения крохотного камешка. Таким камешком в семеновской схеме служит активный центр — самый первый в цепи атом кислорода, расторгший по каким-то причинам узы химической связи со своим собратом в молекуле O_2. Он возбужден. Столкнувшись с молекулой фосфора (P_4), он прицепляется к ней. Образуется весьма агрессивная частица P_4O. Повстречав молекулу кислорода (O_2), она отрывает от нее один из атомов и превращается в P_4O_2. Второй, свободный атом O, как и его предшественник, соединяется с P_4. Эстафета передана, цепь продолжается. Но частица P_4O_2 еще не насытилась. И не успокоится до тех пор, пока не наберет полный комплект кислородных атомов: P_4O_{10} (то есть дважды по P_2O_5). Зато насытившись, она не просто выйдет из игры, а еще и отдаст избыток энергии соседней молекуле кислорода, расщепив ее на два атома O и положив, таким образом, начало двум новым цепочкам.

Итак, что же получилось? Если в реакции хлора с водородом каждый акт химического превращения порождал лишь одного нападающего, то здесь их ватага множится безудержно. Сначала агрессор был один. Потом их стало два. Затем четыре. Восемь. И так далее. Не вереница, а фейерверк взаимодействий!

Но что же сдерживало лавину при давлениях ниже определенного порога?

Уже говорилось, что величина критического давления падает с увеличением емкости сосуда. То есть попросту с ростом дистанции между его стенками. Н. Н. Семенов предположил, что стенки гасят цепную реакцию. Чем у́же сосуд, тем короче цепи. И наоборот. Может получиться, что атомов, теряющих на стенках свою активность, будет больше, чем возбужденных, рождающихся при разветвлении цепи. Лавина заглохнет. Но если добавить в реакционный объем новую порцию атомов, пусть даже инертных, то их толпа, путаясь в ногах у активной частицы, помешает ее движению к стенке. Цепочка опять станет ветвиться с огромной скоростью, и произойдет вспышка.

Построив на основе своих идей математическую теорию, Семенов убедился, что опытные закономерности хорошо описываются выведенными им формулами. Работу напечатал тот же журнал, где появилась статья Харитона и Вальта. И тут пришло запоздалое признание. Профессор Боденштейн написал Семенову, что, как ни удивительны эти выводы, сомневаться в них больше нельзя.

А в 1928 году теория разветвленных цепей получила новое веское подтверждение: молодой оксфордский физик С. Хиншельвуд нашел, что, помимо нижнего, существует еще и верхнее предельное давление (избыток кислорода гасил реакцию!). И дал ему объяснение в рамках семеновской концепции. (Потом, в 1956 году, английский ученый разделил со своим советским коллегой славу нобелевского лауреата.) Одновременно тот же эффект обнаружили сотрудники Н. Н. Семенова А. В. Загулин и А. А. Ковальский, изучая синтез воды из водорода и кислорода.

Окисление фосфора, серы, водорода, окиси углерода, углеводородов, хлорирование, полимеризация — год от года удлинялся список примеров, которыми с уверенностью можно было пополнить класс разветвленных цепных реакций. Становилось очевидно, что большинству химических явлений свойственна цепная природа.

«Историк мгновения», как назвали Семенова литераторы, стал все пристальнее присматриваться к отнюдь не скоротечным химическим процессам. Весьма неторопливые реакции также отличались аномалиями, не столь заметными, но подозрительными. Например, некоторые из них ускорялись, хотя по всем известным законам должны были со временем замедляться. Считалось, что такое самоподстегивание вызвано накоплением конечных продуктов, играющих роль катализатора. Только вот неувязка: конечные продукты, специально добавленные к реагентам, никакого каталитического действия не проявляли!

Выводы Семенова и его школы оказались неожиданными: перед нами опять-таки процессы с разветвленными цепями. Правда, нарастание скорости в них тянется долго, порой многие часы. И трудно объяснить его поджигательской деятельностью только радикалов, эфемерных, скоропостижно умирающих свободных атомов и их группировок. Тогда Семенов высказал новую гипотезу: разветвление цепи вызвано молекулами промежуточных веществ, изредка порождающими активные частицы. Эти «бомбы замедленного действия», будучи не столь стабильными, как обычные молекулы, живут гораздо дольше, чем неустойчивые свободные атомы. Такие заторможенные цепные взрывы Семенов назвал «вырожденными».

Классическая семеновская схема развивалась и уточнялась. Еще в работе «К теории процессов горения» в 1928 году наряду с понятием «цепной взрыв» ученый ввел новое — «взрыв тепловой». В первом случае речь идет о «холодной» лавине — для ее развития вовсе не требуется тепло. (Достаточно было, если помните, чуть-чуть добавить в сосуд, к примеру, инертного газа.) Даже при вспышке разреженная смесь почти не разогревается, а порой и охлаждается. В чистом виде такая картина наблюдается лучше всего при давлениях в десятки раз ниже атмосферного.

Во втором случае воспламенение обусловлено именно повышением температуры, причем в реакционном объеме могут господствовать и высокие давления. Если теплоотдача во внешнюю среду мала, взаимо-

действующие вещества все больше разогреваются. Это убыстряет ход реакции, медленный поначалу. Увеличение же скорости означает, что в следующее мгновение тепла выделится больше, чем в предыдущее. И еще энергичней потечет процесс. Такое самоподбадривание может окончиться катастрофой: крохотная искорка способна вызвать лесной пожар.

Новые представления не сразу вошли в привычный химический обиход. Они были настолько революционны, что даже позже, в 1929 году, знаменитый Габер, создавший технологию современного аммиачного производства, пытался печатно опровергнуть семеновскую схему, истолковывавшую окисление водорода и окиси углерода. Вскоре возражения немецкого химика под напором опытных данных рухнули, как карточный домик. И все же потребовались годы, пока идея разветвленных цепей обрела права гражданства.

Краеугольным камнем всех этих концепций было представление о критических параметрах: давлениях, концентрациях, температурах, размерах. Их строгий количественный учет сделал семеновскую теорию горения и взрывов мощным практическим инструментом в руках ученых, в том числе ракетостроителей.

На первый взгляд технику не интересуют слабые и к тому же холодные вспышки в вакууме, как при окислении фосфора. Оказывается, интересуют! Те же ракетные двигатели работают и в разреженной атмосфере и в космической пустоте. Правда, и там огненный напор на внутренние стенки двигателя достигает десятков атмосфер. Температура — многих тысяч градусов. Не смолкнет ли перед этим могучим испепеляющим ураганом кинетика, зачастую пренебрегающая теплофизическими и газодинамическими факторами, копающаяся в интимных взаимоотношениях между отдельными атомами?

Остановись, мгновенье!

Воспламенение... Сколько отрадных и сколько тягостных воспоминаний связано у ракетчиков с этим красивым и таким капризным явлением! В одних слу-

чаях пламя — незваный и опасный гость (например, при хранении органического горючего. Применяют даже специальные антиокислители). В других — желанная и нужная вещь (при запуске двигателя, например. Готовят даже специальные самовоспламеняющиеся смеси). Но во всех случаях одинаково необходимо предвидеть, когда, при каких условиях следует ожидать появления этого врага или друга. Если старт задержится на каких-нибудь десять секунд, отклонение ракеты от намеченной, например на Луне, мишени составит целых 200 километров.

Разрабатывая теорию теплового взрыва, Семенов вывел формулу, которая связывает давление с температурой воспламенения. По ней можно определить температуру, при которой смесь взорвется. И рассчитать, как изменится эта температура при другом давлении. «Чтобы знать все о явлениях горения, — писал ученый, — мы должны только знать, как выделяется тепло в результате реакции и как это тепло обратно воздействует на реакцию. Если известна кинетика реакции, то мы можем предвычислить условия воспламенения и скорости горения».

«Если известна кинетика реакций...» Это значит необходимо проникнуть в тонкие тонкости межатомного воздействия, познать его электронный механизм, его энергетику, его скорости.

Теоретическая беспомощность всегда порождала бескрылую эмпирику. Не зная закулисных пружин, направляющих химическое действо в ту или иную сторону, пионеры ракетостроения брели ощупью, вслепую, нередко приходя к ложному выводу. Сколько раз взрывались у них двигатели — и на стендах и в полете! Шли насмарку многолетние усилия многочисленных коллективов. Новые идеи словно озарили собою исследовательскую тропу, рассеяли сумрак неуверенных блужданий, позволили наметить дальние маршруты.

Если в помещение просочился водород, то достаточно малейшей искорки — и может произойти взрыв. Пламя, распространяясь концентрически от места вспышки, вмиг охватит весь объем смеси.

Мгновенье можно остановить, заковав взрыв в безопасный панцирь. Прозрачная трубка заполняется газообразным топливом. Если поджечь смесь с одного конца, граница огня (фронт пламени) побежит внутри трубки вдоль ее оси. Скорость этого движения легко измерить с помощью стробоскопической съемки.

Чем же интересны подобные эксперименты?

«Современный ракетный двигатель — сложный агрегат. Однако, отвлекаясь от конструктивных деталей, можно рассматривать камеру сгорания ракетного двигателя как цилиндрическую трубу, — к такому упрощению, типичному для исследовательской процедуры, прибегают советские ученые Ю. Н. Денисов, Я. К. Трошин, К. И. Щелкин в одной из своих работ. — Для совершенствования камер ракетных двигателей важно знать условия и механизм сгорания топлива в них». Обратите внимание: не только условия, но и механизм!

Упомянутая выше статья называется так: «Об аналогии между горением в детонационной волне и в ракетном двигателе».

При нормальном, медленном горении фронт пламени перемещается по отношению к газовой среде не так уж быстро — на несколько сантиметров или метров за секунду. Зато при детонации скорость сверхзвуковая — от полутора до трех с половиной километров в секунду, как и у газов, вырывающихся из ракетного сопла.

Долгое время бытовало мнение, будто в отличие от медленного горения детонация ни в коей мере не связана причинно с химической кинетикой.

Работами советских ученых внесены существенные коррективы в это представление.

Школа огнепоклонников

Пусть, например, нормальная детонирующая смесь попала в чрезвычайно узкую трубку. Пламя, которое в свободном, незамкнутом пространстве стремглав обегало весь объем, вызывая громоподобное «бах!»,

теперь лениво, еле-еле распространяется вдоль канала. И даже совсем останавливается, гаснет. Почему? Да потому, что оно остывает из-за тепловых потерь на стенках. А это уменьшает скорость химической реакции — опять же кинетическую величину!

Инертные добавки также могут погасить детонацию. А инициирующие, напротив, возбудить ее.

Еще в 1934—1938 годах советский ученый А. С. Соколик подметил любопытную закономерность. Если к смеси окиси углерода с кислородом добавить немного, буквально ничтожную порцию водорода, то термодинамические свойства системы останутся теми же самыми, а кинетические изменятся — и довольно резко. Иными словами, скорость химической реакции горения станет другой. Ну так что же? Повлияло это на скорость детонации? Практически нет. Но зато смесь совершенно неожиданно приобрела новые свойства. Теперь она взрывается в более широком диапазоне концентраций. Сама способность детонировать обусловлена кинетическими факторами! И это еще не все.

Раньше думали, будто качественная и количественная разница между горением нормальным, которое полностью определяется кинетикой процесса, и детонационным, которое от нее не зависит (почти не зависит!), огромная. Взять хотя бы быстроту распространения того и другого — разрыв здесь прямо-таки колоссален.

В 1939 году К. И. Щелкин, ныне член-корреспондент Академии наук СССР, обнаружил, что этой «непроходимой пропасти» вовсе не существует. Оказывается, пламя способно бежать с промежуточными скоростями. Более того, медленное горение при некоторых условиях может самочинно разгоняться и переходить в детонационное! Например, при наличии турбулентности, которую легко организовать, если, скажем, сделать стенки трубы или камеры не гладкими, а шероховатыми. Щелкину удалось на опыте изменять даже такую вроде бы незыблемую константу, как скорость детонации.

Турбулентное, вихревое, бурное горение особенно

интересно с точки зрения ракетчиков: именно в таком режиме работает двигатель. Стремительно несущийся газовый поток тормозится малейшим выступом камеры сгорания или сопла. Пламя цепляется за препятствия, удерживается около них. Между тем в пламени-то как раз и протекает химическая реакция горения! Как обеспечить топливу максимальную полноту сгорания при минимальных размерах камеры и тепловых напряжениях?

Решение задачи основано на теории турбулентного горения, созданной К. И. Щелкиным, Д. А. Франк-Каменецким и Е. М. Минским. Советские ученые не только использовали шероховатости, но и ставили на пути огненного потока специальные экраны, смотрели, как дополнительные завихрения влияют на эффективность горения.

Эти поиски вскоре нашли многочисленных продолжателей и дали богатые всходы. Благодаря им достигла своего расцвета реактивная авиация, а ракетная техника взяла стремительный разбег.

В 1965 году Я. К. Трошин (Институт химической физики АН СССР), Б. В. Войцеховский и Р. И. Солоухин (Институт гидродинамики Сибирского отделения АН СССР) за цикл работ по газовой детонации удостоены Ленинской премии. И это лишь один из многих примеров, иллюстрирующих судьбу научной эстафеты, принятой у ветеранов-огнепоклонников новым поколением исследователей.

Хрупкая колба с фосфорными парами, взорвавшая канонизированные догмы в химической кинетике... Грубая паяльная лампа, превращенная Цандером в первый опытный реактивный мотор. Как далеки они и как близки! «Отвлеченное теоретизирование» ученых и предметные поиски инженеров слились в единый поток, выплеснувшийся жаркими огнедышащими струями из дюз могучих космических ракет.

Концепции семеновского направления сыграли огромную роль в той революции, которая преобразила химию, поставив ее на твердый электронно-квантовый фундамент.

Впитав живительные соки атомной физики, учение

Семенова вернуло ей долг «с процентами». Оно предвосхитило кардинальнейшую идею, которая легла впоследствии в основу ядерной энергетики. В самом деле: советские исследователи еще в начале 30-х годов установили, что самовоспламенение бывает двух, и только двух, типов — тепловое и цепное. Когда через много лет мир узнал о ядерных взрывах, оказалось, что они, по существу, имеют те же две разновидности! В водородной бомбе для слияния легких элементов нужно их сильное разогревание. В атомной оно ни к чему, хотя энергетические характеристики частиц (нейтронов) и здесь имеют свое значение. Главное же — деление тяжелых элементов происходит по схеме разветвленной цепи, причем нейтроны, как и радикалы, способны утрачивать свою активность, правда, не на стенках сосуда, а на поглощающих стержнях. Впрочем, если ввести в колбу с горючей (например, водородно-кислородной) смесью металлические или иные палочки, то химические цепи также будут обрываться на их поверхности. Что касается атомного котла, то в нем тоже наблюдаются типичные предельные явления — критические концентрации и размеры. Формальная аналогия?

Нет, химическая теория горения и взрывов не была случайным двойником ядерно-физических построений; она подготовила для них почву. И неспроста именно Зельдович и Харитон, представители славной семеновской когорты, еще в 1939—1941 годах одними из первых нарисовали количественную кинетическую картину цепного ядерного распада...

Как видно, химическая физика имеет прямое отношение к ракетному двигателю и к ядерному реактору — во всяком случае, к протекающим в них процессам. И вообще работы Н. Н. Семенова, его сподвижников и учеников охватывают собой, своими приложениями, почти все фундаментальные разделы химии — неорганической, органической, биологической. Пожалуй, ни один другой химический институт в мире не имеет столь широкой, столь разносторонней проблематики, как тот, которым руководит академик Семенов. Но вся деятельность большого кол-

лектива пронизана единой направляющей мыслью. «Когда о нашем Институте химической физики говорят, что мы занимаемся полимерами, биохимией, ионосферой, это неверно, — разъясняет Николай Николаевич. — Мы занимаемся кинетикой полимеризации, кинетикой биохимических процессов или кинетикой реакций в ионосфере».

Радикалы. Реакции. Рак

Термин «кинетика» заимствован из древнегреческого языка; его корень, как и в слове «кино», означает «движение». И действительно: мы все время говорили о ходе процесса, о его стремительном или, наоборот, сонном развитии.

При длительном, пусть даже бережном, хранении на воздухе портятся пищевые жиры, смазочные масла, пластики, топлива. Как затормозить их окисление и разрушение?

В химическом производстве нередко приходится иметь дело тоже с окислением и разрушением углеводородов. Здесь, напротив, те же процессы требуется максимально ускорить.

Ясно, насколько важно умение управлять химической реакцией вообще и окислительной в частности. А чтобы управлять, надо познать ее кинетику, тонкости ее развития во времени, по отдельным периодам, ее электронную суть — короче, как выражаются специалисты, ее «химизм».

Еще в 1897 году выдающийся наш ученый и революционер Алексей Николаевич Бах, основатель советской биохимии, которого причисляет к своим учителям и Н. Н. Семенов, сформулировал теорию медленного окисления, где главенствующую роль отводил активным промежуточным продуктам — перекисям. Знамя Баха подхватила семеновская школа.

В начале 40-х годов в стихию окислительных процессов с головой погрузился молодой ученик Н. Н. Семенова Николай Эмануэль. В качестве объекта своих исследований он взял сравнительно несложные

вещества — сероводород, пропан, ацетальдегид. С кислородом они взаимодействовали, находясь в газообразном состоянии, что удобнее для наблюдения, чем если бы они были жидкими. Однако при всей подкупающей простоте выбранных соединений и условий опыта химические метаморфозы, которые разглядел Эмануэль с помощью остроумных экспериментальных приемов, оказались далеко не бесхитростными.

Превращение действительно шло с образованием гидроперекисей. Но сколько тут выявилось тонкостей!

Исследуя медленное (не взрывное) окисление сероводорода, Эмануэль обнаружил свободные радикалы моноокиси серы — те самые, что поддерживают цепной процесс. На сей раз эти активные обломки молекул были «пойманы» не в огне, не при взрыве, а среди промежуточных продуктов спокойно текущей реакции. Долгожданная находка! Она подтвердила семеновскую теорию вырожденных взрывов.

С 1951 года Николай Маркович обратился к аналогичным явлениям в жидкой среде — там они гораздо сложнее. Тем не менее и тут он встретил знакомую картину, по крайней мере в некоторых ее фрагментах. Те же гидроперекиси и иные промежуточные образования, те же радикалы и цепи. И конечно же, всякий раз свои, специфические детали.

Обнаружив общие закономерности и частные особенности обоих методов, Эмануэль объяснил, почему в конденсированном состоянии многие органические вещества легче подвергаются нужной перестройке, причем более глубокой, нежели в газообразном. Исходя из этого он предложил интенсифицировать некоторые технологические режимы повышением давления: оно не позволит летучим компонентам полностью испариться при нагревании. Прогрессивные схемы, разработанные в лаборатории Эмануэля, были внедрены в производство. Они увеличили выпуск продукции, улучшили ее качество.

«Топить можно и ассигнациями», — укорял Менделеев тех, кто, сжигая нефть ради получения тепла, не видел и не искал для нее иного, несравненно более важного применения. Но чтобы использовать ее как

источник драгоценного сырья, нужно было знать, каким превращениям и при каких условиях способны подвергаться ее углеводороды, в первую очередь предельные, насыщенные — они чрезвычайно неохотно, туго поддаются химическому воздействию, а их-то как раз и больше всего в черном земном золоте. Заслуга Эмануэля именно в том и заключается, что он, изучив до тонкостей окисление органических соединений, наметил новые пути нефтепереработки.

В 1958 году за исследования свойств и особенностей цепных реакций Н. М. Эмануэлю присуждена Ленинская премия. Излишне добавлять, что ученый не был одинок в своих исканиях. Он сплотил вокруг себя большой отряд единомышленников. Да и не только в Институте химической физики ведутся подобные исследования. Тогда же высшего государственного признания удостоились работы другого крупного ученого — профессора Горьковского университета Григория Алексеевича Разуваева, ныне академика. Они посвящены близкой теме — химии свободных радикалов в растворах.

Расшифровка конкретных кинетических механизмов дала возможность эффективно использовать испытанные химические регуляторы. Например, катализ. Своими огромными достижениями наша химическая промышленность в значительной степени обязана буквально повсеместной эксплуатации и непрерывной модернизации парка замечательных «машин» — микроминиатюрных атомных и молекулярных комплексов, убыстряющих взаимодействие в тысячи и миллионы раз. Темп превращений продолжает расти. «Сегодня химические процессы отнимают дни и часы, завтра они будут совершаться со скоростью взрыва», — мечтают ученые.

Ну, а как быть с реакциями, которые надо, наоборот, подавлять? Для них предназначены специальные замедлители — ингибиторы. В теорию и практику такого отрицательного (как, впрочем, и положительного) катализа немалый вклад внесен Эмануэлем и его группой. Подсказаны способы, как лучше всего предотвратить самопроизвольное зарождение радикалов,

дезактивировать, если они уже появились; осторожно, будто бомбу, обезвредить гидроперекиси или иные потенциальные детонаторы цепных реакций. Основные наблюдения и мысли, изложенные сотрудниками лаборатории в десятках статей, сконденсированы в монографии Н. М. Эмануэля и Ю. Н. Лясковской «Торможение процессов окисления жиров». Обобщения, сделанные авторами, распространяются также и на другие углеводороды.

В последние годы эти идеи нашли новое и, пожалуй, несколько неожиданное приложение.

Известно, что в Хиросиме и Нагасаки, подвергшихся атомной бомбардировке, процент пораженных лейкемией выше, чем в прочих японских городах. А заболевания раком кожи чаще встречаются у обитателей солнечных районов. Одна из гипотез утверждает, что страшный недуг вызывают свободные радикалы, которые, несомненно, возникают в живых клетках под влиянием сильной ультрафиолетовой, рентгеновской и гамма-радиации. Или химических возбудителей — канцерогенных веществ.

Активные обломки молекул, появившись в клетке, бросаются в атаку на белки, нуклеиновые кислоты, ферменты. Они повреждают и витамины, которые служат в организме антиокислителями.

В лаборатории, руководимой академиком Н. М. Эмануэлем, проведены захватывающие опыты. Мышам искусственно прививали злокачественную опухоль. Течение болезни контролировалось по скорости, с какой разрастается в таких случаях селезенка. Измеренные значения легли точками на систему координат. Проведенные по ним линии, плавно изгибаясь, круто взбегали вверх. Но, что самое удивительное, они как две капли воды были похожи на графики, изображающие ход цепной реакции!

Тогда некоторым хвостатым пациентам перед заражением впрыснули антиокислители. После инъекции кривые продолжали подчиняться тому же закону, но шли более полого, нежели для зверьков, которым не вводили ингибирующие препараты. Опухоль про-

грессировала медленнее. Рак подавлялся отрицательными катализаторами!

Великий триумвират физики, химии и биологии приблизит недалекую уже пору, когда люди будут навсегда избавлены от зловещего призрака смерти, витающего над планетой.

Капля — частица океана

Ракетный двигатель и ядерный реактор, взрывчатка вместо землеройных машин и консервирующие вещества, заводской аппарат и живой организм — поистине необъятен диапазон, в каком идеи химической физики проявили себя плодотворными.

Они вошли в плоть и кровь почти всех современных естественных дисциплин. Вслед за первыми бороздами, проложенными на той неподнятой целине Н. Н. Семеновым, началась глубокая вспашка, уничтожившая былые межи. В ней приняли участие и другие ведущие научные школы — катализа, электрохимии, фотохимии, квантовой химии, химии полимеров, биохимии. Среди их представителей Н. Н. Семенов в одном из своих отчетов называл академиков Н. Д. Зелинского, А. А. Баландина, С. З. Рогинского, Н. И. Кобозева, А. Н. Фрумкина, А. Н. Теренина, В. Н. Кондратьева, Я. К. Сыркина, С. С. Медведева, В. А. Энгельгардта... Ученый, безусловно, привел далеко не все имена, да и, пожалуй, не смог бы привести — список этот нескончаем и непрерывно удлиняется.

Любое намерение детально рассмотреть всю грандиозную многоплановую панораму советской химии заведомо обречено на неудачу. Бегло скользящему глазу доступны лишь отдельные ее фрагменты.

Можно было бы рассказать о том, как у нас в Союзе Советов раньше чем где-либо на всей планете родилась промышленность искусственного каучука. Родилась вопреки скептическим прогнозам авторитетных зарубежных оракулов. Так, великий Эдисон заявлял: «Я не верю, что в Советском Союзе

удалось изготовить синтетический каучук. Из собственных моих опытов и опытов других ясно, что его получение едва ли осуществимо вообще, а уж тем более в России». Но то, что казалось чудом живому воплощению американского изобретательского гения, свершилось благодаря усилиям советских людей, прежде всего академика Сергея Васильевича Лебедева и его сподвижников.

Можно было бы добавить, как еще в 30-е годы молодой ученый К. А. Андрианов, бывший деревенский паренек, начал разрабатывать методы синтеза кремнийорганических полимеров. Он был уверен в их большом будущем, хотя крупнейший специалист по силиконам, профессор Ноттингемского университета Ф. Киппинг, считал: «Так как количество известных кремнийорганических соединений невелико и они весьма ограниченны в своих реакциях, перспективы каких-либо быстрых и серьезных успехов в этой области не являются обнадеживающими». Киппинг оказался прав только в одном: успехи действительно пришли не скоро и не легко, но в их серьезности, в их значительности ныне уже никто не сомневается. В 1963 году имя академика Кузьмы Андриановича Андрианова появилось в списке лауреатов Ленинской премии.

Можно было бы перейти к более широкой теме — к проблеме элементоорганических соединений, к работам академика А. Н. Несмеянова, удостоенным в 1966 году Ленинской премии. И безусловно, упомянуть, что недавно в Институте элементоорганических соединений, которым руководит Александр Николаевич, научились делать искусственную черную икру.

Можно было бы... Увы, обо всем не расскажешь.

Остается надеяться, что блицразговор о химической физике окажется той каплей, по которой можно судить о целом океане — о советской химии.

«Прогресс современной физики и химии ведет к тому, что каждое вещество может быть получено из любого другого — была бы энергия и какое-то коли-

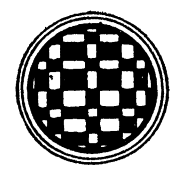
чество исходного материала», — заявил академик Евгений Константинович Федоров.

Да, не только сырье, но и энергия. Мы еще ничего не говорили об энергии, а ведь без нее нет ни вещества, ни его превращений. Между тем в XX веке энергетика переживает подлинную революцию.

Этот переворот начался покорением атома.



Глава третья



ДЕМОБИЛИЗОВАННЫЙ ГЕРКУЛЕС

Для военных целей может быть изготовлено взрывчатое вещество, в миллион раз более мощное, чем динамит. Наука может резко изменить масштабы военных действий. Не секрет: начиная с весны лаборатории Соединенных Штатов, Германии, Франции и Англии лихорадочно работают в этом направлении.

Журнал «Дисковери», Англия, 1939 г.

Пусть будет атом рабочим, а не солдатом!

Надпись на фронтоне Нововоронежской атомной электростанции СССР, 1963 г.

До восхода оставалось несколько часов. В предрассветных сумерках еще мерцали тропические звезды. Уже посветлела восточная половина неба.

Но солнце внезапно взошло на западе.

Огромный, нестерпимо сверкающий огненный шар всплыл над горизонтом и быстро пополз вверх, заливая ослепительным светом безбрежную гладь Тихого океана. Матросы, возившиеся с рыболовной снастью, словно остолбенели. Несколько минут на палубе траулера царила непривычная тишина, слышно было лишь глухое урчание мотора да плеск воды за бортом. И вдруг воздух дрогнул от далекого грохота, упруго ударив по барабанным перепонкам.

Беда свалилась, будто снег на голову.

Откуда он, снег в тропиках? Да еще странный какой-то — сухой, словно бумажное конфетти. Грязно-белые не тающие пылинки усеяли всю палубу. Они набились людям в волосы, попали в глаза, в уши, за ворот, захрустели на зубах. Как и 22 других члена экипажа, хозяин радиорубки не понимал, что произошло. И не подавал сигналов «SOS». Ему было невдомек, что он уже обречен...

Только через две недели судно пришло в порт Яидзу. Выслушав рассказ потерпевших, власти сразу смекнули, в чем дело: радиоактивные осадки! Людей поместили в больницу, а судно срочно сожгли. Оно называлось «Фукурю-мару» — «Счастливый дракон»...

Через несколько месяцев скончался от лучевой болезни несчастный радист «Счастливого дракона» Аикиси Кубояма. «Си-но хаи» — «пеплом смерти» назвали японцы страшные хлопья, упавшие с неба.

А за несколько часов до необычного снегопада всего в сотне миль от ничего не подозревавшего «Фукурю-мару» происходили события, окруженные непроницаемой завесой секретности. На рейде у Маршалловых островов обосновались военные корабли под звездно-полосатым флагом. Они опекали крохотный, ничем не примечательный клочок суши, каких много в архипелаге: плоский, с низкими берегами коралловый риф, имеющий форму ятагана. Некогда пустынный, необитаемый, он теперь кишел людьми и механизмами. Накануне злосчастного утра он снова обезлюдел. Только крысы шныряли по песку в поисках объедков, да в тихой лагуне атолла отражалась высокая металлическая башня, укрепленная на бетонном основании.

1 марта 1954 года в 3 часа 50 минут по Гринвичу сработали пусковые устройства. Наблюдатели, находившиеся в 30 милях от атолла Бикини, сквозь темные светофильтры защитных очков деловито следили за причудливыми эволюциями искусственного солнца,

так напугавшего японских рыбаков. Миллионы тонн грунта взлетели в воздух, чтобы разнести радиоактивную заразу на сотни миль вокруг. 16 мегатонн! Тротиловый эквивалент бомбы оказался вдвое больше расчетного. Это значит, что для получения той же энергии потребовалось бы 10 000 30-вагонных железнодорожных составов сильнейшей химической взрывчатки — тринитротолуола.

Пепел Бикини разбередил незаживающую рану японского народа; он живо напомнил о другой, намного более страшной трагедии, которая разыгралась всего за девять лет до несчастья с «Фукурю-мару».

Свой первый шаг он сделал на полигоне...

Утром 6 августа 1945 года в Хиросиме завыли сирены: воздушная тревога! Вскоре в небе над предместьем на высоте 10 километров показались американские «летающие крепости». Их было три. Всего-навсего. Видимо, ничего страшного они не несли с собой. И тогда решили дать отбой: право же, для столь огромного «объекта», как Хиросима, это не такая уж грозная опасность. Если бы противовоздушная оборона знала, какой груз находится на борту одного из бомбардировщиков! Самолет Б-29 «Энола гей» открыл бомбовой отсек...

В эти последние секунды перед катастрофой Хиросима продолжала жить беспокойной жизнью большого, многолюдного города. Улицы были запружены прохожими: десятки тысяч японцев торопились на работу. Перед магазинами тянулись хвосты очередей. Сотни тысяч стариков, детей, больных, безработных как ни в чем не бывало сидели дома — не в подвалах, не в бомбоубежищах, а в многоэтажных каменных коробках и ветхих деревянных лачугах — ведь тревога была отменена!

Детонатор сработал на высоте 500 метров.

«Ослепительная зеленоватая вспышка, взрыв, сознание подавлено, и в следующий момент все загорается. Миг — и с людей свалилась вспыхнувшая одежда, вздулись руки, лицо, грудь, лопаются багровые волдыри, и лохмотья кожи сползают на землю. Оглушенные и обожженные люди, обезумев, сбились ревущей толпой и слепо тычутся, ища выхода...» Таким запечатлелся хиросимский ад в памяти очевидцев.

До сих пор преждевременно умирают люди — жертвы радиоактивного облучения. До сих пор рождаются неполноценные дети, уроды. И не только в Хиросиме. Ибо 9 августа 1945 года атомный кошмар повторился в Нагасаки. Сотни тысяч убитых и искалеченных, целые кварталы, стертые с лица земли, — таков итог американского атомного эксперимента.

Расценивая решение об атомной бомбардировке Японии как «одну из величайших ошибок государственных деятелей США», известный американский физик-атомник Ральф Лэпп бросает горький упрек и своим коллегам: «Еще более печален тот факт, что некоторые из самых выдающихся ученых помогли нашим военным так неумно использовать атомное оружие». Казалось бы, эту весьма сомнительную честь и оспаривать вроде неловко, тем не менее...

В 1961 году в Англии выходит книга Рональда У. Кларка «Рождение бомбы». В ней документально опровергается широко распространенное мнение, будто «идея бомбы и ее разработка были целиком делом Соединенных Штатов». Неоднократно подчеркивая, что именно Англия первой сформулировала задачу изготовить ядерное оружие и серьезно приступила к ее решению, благородный ревнивец британского престижа как бы ставит в вину ученым их первоначально антимилитаристскую ориентацию. В 1939 году исследования почти везде проводились в чисто академическом плане.

«Осуществить цепную реакцию пытались также

и в Соединенных Штатах, в Колумбийском университете. Подобные же эксперименты выполнил совершенно независимо в Варшаве в самом начале февраля молодой польский физик Юзеф Ротблат. В России в апреле 1939 года были опубликованы результаты Ленинградского физико-технического института, аналогичные полученным в Колумбийском университете».

Что верно, то верно: работы советских ученых действительно диктовались отнюдь не фикс-идеей сверхоружия, так помутившей ясный британский разум. Социалистическая держава ни на кого не собиралась нападать и ниоткуда не ждала агрессии. К атомной бомбе жадно тянулись руки империалистической военщины. И разве не примечательно, что в активной ядерной обороне от империалистической Германии почувствовала впервые нужду империалистическая же Англия? И что первый ядерный удар нанесен империалистической Японии империалистической же Америкой?

В такой ситуации Страна Советов, подвергшаяся вероломному нападению гитлеровской Германии и не гарантированная от новых провокаций империалистических агрессоров, была вынуждена воздвигнуть свой ядерный заслон. Да, наши физики тоже создали атомную бомбу. Создали не первыми, хотя и намного раньше, чем полагали западные знатоки русских проблем, уверявшие, что взрыв первой советской атомной бомбы произойдет не раньше зимы 1951/52 года, а скорее всего — к 1955, если не к 1965 году.

Эксперты явно просчитались. В 1947 году американская монополия на атомные секреты кончилась.

У нас есть и термоядерные бомбы. Кстати, они созданы раньше американских. И хотя они самые мощные в мире, от них не пострадал ни один город, ни один человек.

Но не этим горда советская наука.

В 1954 году — в том самом, когда на несчастных

японских рыбаков упал пепел Бикини, — Московское радио передало: «В Советском Союзе успешно завершены работы по проектированию и строительству первой промышленной электростанции на атомной энергии полезной мощностью 5 тысяч киловатт».

5000 киловатт — это не так много. Первенцы ленинского плана ГОЭЛРО, вошедшие в строй за четверть века до рождения АЭС, были в десятки раз мощнее. Сейчас наша энергетика располагает электростанциями в миллионы киловатт. Но разве дело только в цифрах?

Сообщение о пуске первой в мире АЭС произвело эффект разорвавшейся бомбы: впервые ядерная энергетика обрела новое измерение не в грозных килотоннах, а в добрых киловаттах. Недаром «Дейли уоркер» писала: «Это историческое событие имеет неизмеримо большее международное значение, чем сброс атомной бомбы на Хиросиму».

Человек, полагающийся только на свои мускулы, — тщедушное существо мощностью около 40 ватт. Работая по восемь часов в сутки ежедневно (кроме субботы и воскресенья), он за год производит энергии примерно на 70 киловатт-часов. Это раз в 50 меньше, чем он потребляет одной лишь электроэнергии — дома, на улице, на предприятии или в учреждении. А ведь он расходует и энергию других видов! Энергия двигает машины, дает свет, согревает нас, кормит, одевает, создает комфорт, умножает власть человека над природой.

В наши дни львиная доля — $^{4}/_{5}$ всей энергии вырабатывается за счет сжигания каменного угля, нефти, газа, торфа, сланцев. Гидроэлектроэнергия, как и наша мускульная, покрывает не более 0,05 в общем энергетическом балансе. Остальные 15 процентов падают на древесину и сельскохозяйственные отходы. Значит, чтобы обеспечить постоянно растущий спрос, должна увеличиваться прежде всего добыча горючих ископаемых. Между тем запасы химического топлива далеко не безграничны: их, уже разведанных и еще не открытых, хватит максимум на несколько веков.

Вместо военного мундира — рабочий комбинезон

Обнинск. Небольшой зеленый городок неподалеку от Москвы стал столицей мирной ядерной энергетики, Меккой для ученых и журналистов всего мира.

Когда смотришь на светлое трехэтажное, отнюдь не грандиозное здание (дом как дом, разве что с пристройкой и высокой трубой), трудно представить, что за скромным фасадом скрывается настоящее чудо техники. Что за холодными каменными стенами бьется горячее и доброе сердце укрощенного ядерного исполина, бьется денно и нощно без перебоев вот уже второе десятилетие.

Подумать только: уран-235, который вспыхнул яростным, испепеляющим солнцем над Хиросимой, теперь мирно кипятит воду! Кипятит, превращает ее в пар, а тот обрушивается горячим потоком на лопатки турбин. И бежит по проводам ток, давая людям свет и тепло, а машинным мускулам — силу.

Изумительно слаженно, безукоризненно четко работают умные механизмы, пробуждая и одновременно сдерживая разрушительные ядерные страсти, чтобы их скрытая мощь устремлялась на благо, а не во зло человеку. Сегодня все это кажется чем-то само собой разумеющимся, привычным, даже, пожалуй, изначально присущим природе покоренного атома — а как же иначе? И невольно забываешь, что атомный век начался с атомных бомб.

АЭС — не просто демилитаризованный урановый котел, с одинаковым успехом производящий килотонны или киловатты, ядерную взрывчатку или электроэнергию. Это первый опыт во всей мировой практике, и он потребовал принципиально новых решений, точного, продуманного до мелочей расчета. «Можно ли обеспечить взрывобезопасность атомных

электростанций? Можно ли разработать надежные защитные устройства, которые автоматически выключали бы неисправный реактор? Велика ли опасность для населения в случае аварии? — спрашивает Ральф Лэпп. И признается: — На эти вопросы не так-то просто ответить».

Все эти задачи были успешно решены советскими учеными и инженерами — пошел уже четырнадцатый год безаварийной, безопасной, безупречной службы первой АЭС. Наше правительство высоко оценило заслуги ее создателей.

Однако Лэпп называет и другую проблему — экономическую.

Да, капиталовложения на единицу мощности атомных электростанций пока несколько выше, чем угольных, киловатт-час обходится дороже. Пока. Но будет ли так вечно? Вот что писал академик А. П. Александров в 1962 году: «Электроэнергия на некоторых типах созданных или строящихся атомных станций будет дешевле, чем на аналогичных по мощности и расположенных в тех же районах тепловых».

Первая АЭС подтвердила правильность принципов, заложенных в ее конструкции, научила людей, как с ней обращаться, дала возможность провести множество исследований, которые легли в основу новых, более совершенных проектов, стали базой советской ядерной энергетики.

26 апреля 1964 года подключилась в Свердловскую энергосистему Белоярская АЭС имени И. В. Курчатова. Один только первый ее блок в 20 раз превосходит Обнинскую АЭС своей мощностью — 100 тысяч киловатт, а второй блок — в 40 раз. Себестоимость электроэнергии на нем на 40 процентов ниже, чем на первом. И лишь на 10—15 процентов выше, чем на ТЭЦ.

С каждой новой очередью совершеннее становятся установки БАЭС. А ведь именно Обнинская станция послужила прототипом для этого гиганта!

Хорошо освоены у нас и реакторы иного типа, где

замедлителем нейтронов служит не графит, как на Обнинской и Белоярской АЭС, а вода. Такие «котлы» стоят и закладываются, например, на Нововоронежской АЭС, первая очередь которой пущена в 1964 году. Один из них обеспечивает трем турбогенераторам электрическую мощность 210 тысяч киловатт. Другой рассчитан на 365 тысяч.

Сооружению этих мощных ядерных фабрик тепла и света предшествовали испытания трех небольших реакторов, проходившие в несколько необычной обстановке.

Лед и пламень

Еще недавно хмурилось небо, накрапывал дождик, ветер гнал свинцовую рябь по Неве, но в этот день погода установилась прямо-таки праздничная. По реке величаво плыл громадный корабль — его тащили, пыхтя из всех сил, юркие буксиры. Корабль бросил якорь на том самом месте, где когда-то «Аврора» дала сигнальный выстрел по Зимнему дворцу. Легендарный трехтрубный крейсер теперь показался бы малышом по сравнению со своим рослым собратом. Только величественное судно, ставшее в почетный двухдневный караул на историческом месте напротив Зимнего, не имело ни одной пушки. И еще одна деталь бросалась в глаза ленинградцам, а уж они-то знают толк в морском деле. У обычного лайнера над кормовыми надстройками возвышаются огромные, в несколько обхватов, трубы. А здесь их не было. И ленинградцы, конечно, знали, в чем дело: атомному ледоколу они ни к чему.

Полярный лайнер «Ленин» отчалил от пирса Адмиралтейского завода 12 сентября 1959 года — за два дня до прилунения космической ракеты с вымпелом СССР.

...Коротко арктическое лето. Каких-нибудь два-три месяца, и на Северном морском пути снова опускается ледовый шлагбаум. Выручают ледоколы.

Кромсая холодный голубой панцирь, ведут они караваны судов с промышленными грузами, товарами и продовольствием. Ведут неторопливо, запасы горючего надо экономить: ведь они истощаются гораздо быстрее, чем при плавании в открытой воде. Чего доброго, их может и не хватить, хотя трюмы набиты тысячами тонн угля или нефти. А могли бы быть заполнены тысячами тонн полезного груза.

Советскому атомоходу одной загрузки (по 80 килограммов урана-235 в каждый реактор) хватает на 3 года (первую перезарядку провели весной 1963 года). Его энергетическая установка состоит из трех реакторов, по 90 000 киловатт каждый (правда, здесь имеется в виду уже не электрическая, а тепловая мощность, она всегда выше — у Нововоронежского реактора, например, она равна 760 000 киловатт). Два реактора работают, один — в резерве. Мощность двигателей — 44 000 лошадиных сил, рекордная для судов своего класса. Это вдвое выше, чем у американского ледокола «Глетчер», слывшего дотоле крупнейшим в мире.

Срок плавания по суровым северным морям продлился на два месяца.

Несколько цифр: водоизмещение атомохода — 16 000 тонн, длина — 134 метра, наибольшая ширина — 27,5 метра. Крейсерская скорость — 18 узлов (33 километра в час) на чистой воде и два узла — во льдах толщиной более двух метров. На корабле без малого тысяча помещений, среди них библиотека, кинозал, клуб, поликлиника, парикмахерская, баня, прачечная, хлебопекарня, камбуз, столовые, две электростанции, способные обеспечить энергией город с 300-тысячным населением. Внутрисудовая связь осуществляется автоматической телефонной станцией на 100 номеров. Но главное, самое характерное, конечно, не это.

Сердце корабля — атомный двигатель. Он создан большим коллективом ученых и инженеров во главе с академиком Анатолием Петровичем Александровым.

Ядерному двигателю трубы не нужны. Ведь дыма без огня не бывает!

Хотя, впрочем, огонь все-таки есть — своеобычный, внутриатомный. Незримый фейерверк ядерных вспышек, направляемый рукой человека, перед которым расступается мерзлая твердь океана.

Лед и пламень... Холодное равнодушие стихии и неугасимый накал разума — в этом извечном конфликте природа все чаще уступает человеку.

Было время — наш первобытный пращур с трудом высекал искры из кремня, чтобы кое-как оградить себя от наступающих холодов и хищных зверей. Нынче у нас в руках атомное огниво, способное зажечь доброе электрическое солнце. Или испепеляющий термоядерный смерч...

Небоскребы и коттеджи построил человек XX века. Даже на кораблях — океанских, воздушных, космических — он создал домашний уют. Он уже не боится ни холода, ни хищников. Но его по временам тоже пробирает озноб. Ибо все еще дуют пронизывающие сквозняки «холодной войны». И тянутся хищные руки к смертоносному ядерному запалу.

Прячась от дневного света и людских глаз, шныряют в морских глубинах атомные субмарины, вооруженные ракетами с ядерной боеголовкой. Уж где-где, а тут американцы опять постарались взять пальму первенства. Но тщетно: Советский Союз давно уже обладает атомным ракетоносным подводным флотом, достаточно мощным, чтобы противостоять любому шантажу, любой агрессии. Наши моряки не раз по примеру жюль-верновского капитана Немо совершали кругосветные путешествия под водой и проходили подо льдами Северного полюса, доказав полную надежность судовых атомных установок.

Кто же он все-таки, этот новый Геркулес, — друг или враг? Неужели чудовищная сила раскованного атома призвана сеять смерть и разрушение? Разве не способна она своротить горы в грохоте созидательного труда?

Люди, построившие первую атомную станцию и первый атомный ледокол, доказали, что у атома другое будущее — светлое, мирное, большое. Все ярче разгораются по белу свету огоньки, подобные обнинским. Все энергичней впрягаются в работу лошадиные силы энергоустановок, подобных тем, что двигают атомоход «Ленин».

Вот уже около пятнадцати лет Советский Союз делится своим опытом с различными странами, поставляет им оборудование, приборы, расщепляющиеся материалы, помогает строить ядерные реакторы и создавать национальные исследовательские центры. Такие мирные атомные городки возникли в Румынии, Чехословакии, Польше, Венгрии, Болгарии, ГДР, Югославии, Объединенной Арабской Республике. Расширяя сотрудничество и связи в области мирного атома, наша страна заключила десятки межправительственных соглашений: с Афганистаном, Ганой, Ираком, Францией, Великобританией, Канадой, США, многими другими государствами.

Осенью 1955 года по решению Генеральной Ассамблеи ООН была созвана первая международная конференция по мирному использованию атомной энергии. Тогда работала одна-единственная АЭС — советская. Ко времени, когда открылась вторая конференция (1958 год), действовали уже 4 станции (две у нас и по одной в США и Англии). А участники третьей конференции в 1964 году подвели такой итог: эксплуатируется и сооружается около 40 атомных станций, кроме того, построено более 500 всевозможных реакторов. Прикинули, что к 1970 году мощность всех АЭС достигнет 25 миллионов киловатт. А к 1980 году — 150 миллионов, то есть будет примерно такой же, как у всех электростанций Европы, взятых вместе (без Советского Союза).

Семимильными шагами идет вперед ядерная энергетика. Советские специалисты приветствовали открытие первой американской АЭС в декабре 1957 года. Они от души поздравляли заокеанских коллег, когда в 1962 году появилось атомное товаро-пассажирское судно «Саванна».

Еще в апреле 1955 года Эйзенхауэр говорил: «Корабль мира с ядерным двигателем продемонстрирует достижения американской культуры, науки и промышленности. Хотя мы строим суда с атомными двигателями для войны, мы намерены строить такие суда и для мира».

Увы, конгресс не утвердил тогда ассигнований на постройку мирного атомохода. Лишь через год, после утомительной дискуссии, средства, наконец, сыскались.

Но если ледокол «Ленин» в полном смысле атомоход, то «Саванна» отчасти дизель-электроход: на ней используются и обычные источники энергии. «Нет только парусов», — шутил по этому поводу член-корреспондент АН СССР В. С. Емельянов, посетивший осенью 1959 года Кемденскую верфь, где судно достраивалось.

«Реактор к этому времени был почти полностью смонтирован, а на пульте управления не хватало всего нескольких приборов, — рассказывает Василий Семенович. — И все же «Саванна» не вышла в плавание ни в 1960, ни в 1961 году. Строительство судна было завершено к концу 1960 года, и начались предварительные испытания, во время которых стали обнаруживаться различные дефекты: течь в гидравлической системе регулирующих стержней, засорения фильтров, плохая термоизоляция труб паропроводов. Только 4 апреля 1962 года механизмы судна были испытаны на полную мощность. После встречи с представителями прессы мы обедали со специалистами судостроительного завода. Был поднят тост за то, чтобы атомный ледокол «Ленин» сломал лед «холодной войны» и провел «Саванну» на чистые воды».

Надо полагать, атомные установки на военных подлодках и авианосцах встречают куда более заботливое отношение со стороны американских конгрессменов и промышленников...

Как бы там ни было, мирный атомный флот родился и будет расти. В ФРГ заложено атомное гру-

зовое торговое судно «Отто Ган». В Японии, Англии, Франции, Италии, Норвегии, Швеции также ведутся работы по созданию кораблей с ядерными двигателями.

Теперь у нас накопился уже солидный опыт проектирования и эксплуатации реакторных установок для судов. И он важен не только для кораблестроения.

Как обнинская установка послужила основой для проектирования Белоярской АЭС, так и атомные котлы ледокола, хорошо зарекомендовавшие себя за многие годы безупречной службы, стали прототипом более мощных нововоронежских агрегатов. Реактор похожего типа сооружен на Мелекесской станции близ Ульяновска (ее мощность 50 000 киловатт). Там же действует исследовательский реактор с самым плотным в мире потоком нейтронов. Этот реактор очень высоко оценил американский ученый Г. Сиборг.

В нашей стране наряду с крупными АЭС строятся АЭС средней и малой мощности. Они призваны заменить не очень экономичные дизельные, паротурбинные и локомобильные энергоустановки в отдаленных, скажем, северо-восточных районах (впрочем, они открывают перспективу освоения и таких необжитых мест, как Антарктида или даже Луна). В 1963 году была пущена атомная блочная реакторная установка «АРБУС» мощностью 750 киловатт — оригинальная по конструкции и первая в своем роде. Здесь роль замедлителя и теплоносителя неплохо исполняет газойль — дизельное топливо. Побывав в реакторе, оно в отличие от воды почти не заражается наведенной радиоактивностью. Так что наружная петля магистрали, по которой оно циркулирует, не требует сверхмощной защиты — надобность в толстых свинцовых или бетонных экранах отпадает.

Хорошо зарекомендовал себя и экспериментальный образец атомной электростанции ТЭС-3 на 1500 киловатт.

Чтобы, умирая, возродиться

Быстрыми темпами прогрессирует ядерная энергетика. Но она вскрывает и новые трудности, ставит новые проблемы перед учеными.

Уран-235 — единственное ядерное топливо естественного происхождения. Доля его в природном уране прискорбно мала — 0,715 процента (один атом из 150).

Мировые запасы урана-235 обещают примерно миллиард миллиардов киловатт-часов. Казалось бы, немало. Но это в 10 раз меньше, чем могут дать разведанные запасы обычных горючих ископаемых! Выходит, ядерная энергетика, если она и впредь будет ориентироваться только на уран-235, отнюдь не упразднит проблему энергетического голода.

Чего действительно много в земной коре, так это урана-238. Беда в том, что он не в силах обеспечить самоподдерживающуюся цепную реакцию. Правда, из него получается отличное горючее — плутоний-239. Но такому превращению подвергаются лишь два процента урана-238, загруженного в обычный реактор.

Впрочем, мы забыли о тории! Этот элемент, как и уран-238, сам гореть в ядерных топках не способен. Однако под нейтронным обстрелом в реакторе он тоже превращается в горючее — в уран-233. Так что у наших потомков есть еще один резерв. И все же...

Человеку этого мало. Его неугомонный разум изыскивает все новые и новые возможности, таящиеся в недрах воистину неисчерпаемого атома.

В главе «Из искры — пламя» рассказывалось о физиках, которым на заре их научной деятельности приходилось кочегарить у «буржуйки» в нетопленной лаборатории. То-то были бы озадачены, верно, эти юные «истопники», скажи им кто-нибудь тогда, что в печке вместо одной начисто сгоревшей охапки дров каждый раз откуда ни возьмись сама собой должна появляться новая, возрождаясь из пепла, словно ска-

зочная птица Феникс. Между тем нечто подобное и впрямь осуществимо, только не в химической, а в ядерной топке.

Вот уже восемь лет непрерывного трудового стажа насчитывает необычная атомная машина, созданная под руководством члена-корреспондента АН УССР А. И. Лейпунского. Ее инициалы БР-5 расшифровываются так: быстрый реактор тепловой мощностью 5 тысяч киловатт. От других «котлов», упоминавшихся здесь, он отличается отсутствием замедлителя.

В обычных установках на АЭС применяется вещество (графит, вода), тормозящее нейтроны, снижающее их энергию. Без замедлителя самоподдерживающийся процесс в бедной смеси заглохнет — слишком уж велика здесь жадная толпа атомов урана-238, этих микрогаргантюа, заглатывающих нейтроны без последующего деления, то есть попросту обрывающих цепочку распадов. Чтобы реакция, несмотря на потери, все же пошла, нужно резко повысить содержание урана-235, доведя его до десятков процентов против, к примеру, полутора (Нововоронежская АЭС) или 1,3 процента (Белоярская).

Конечно, облагораживание естественной изотопной смеси стоит немало. Но в атомных котлах без замедлителя количество топлива с течением времени не уменьшается, а, напротив, растет. Ведь ядро урана-238, отправив в свое чрево нейтрон, превращается в конце концов в плутоний-239 (отличное горючее!). В итоге весь бездеятельный уран, загруженный в реактор, можно сделать энергетически активным, полезным.

Установка перейдет на полное самоснабжение да еще будет делиться своим непрерывно растущим капиталом с другими атомными станциями. Если теперь пересчитать ядерные энергоресурсы, они окажутся в десятки раз больше, чем химические — те, что заключены в органическом топливе планеты. Мало того, благодаря быстрым реакторам со временем будет выгодной добыча и переработка бедных урановых и ториевых руд.

У быстрых реакторов (их называют также размножителями) есть и другие преимущества.

Изучение новых перспектив, которые открыл перед энергетикой самовозрождающийся из пепла «ядерный Феникс», началось у нас еще в 1949 году. Шесть лет спустя был пущен первый советский реактор на быстрых нейтронах мощностью 50 ватт, в 1956 году — второй (100 киловатт), в 1958 году — третий (5000 киловатт).

Одновременно исследования в этом же направлении развернулись в Америке и в Западной Европе. АЭС с быстрыми реакторами построены в США, Англии.

«Советская концепция развития ядерной энергетики, — подводил итог в своем отчете о III Международной женевской конференции А. М. Петросьянц, председатель Госкомитета по использованию атомной энергии, — предполагает более быстрый переход к созданию реакторов-размножителей как генеральной линии ядерной энергетики, хотя для нас, конечно, ясно, что реакторы на быстрых нейтронах, являясь наиболее перспективным и многообещающим типом реакторов (имеются в виду промышленные масштабы), требуют еще большой творческой работы».

Глубокие исследования, проведенные в СССР над быстрыми нейтронами, позволили приступить к сооружению в районе Каспия промышленного реактора-размножителя электрической мощностью 150 000 киловатт.

На этом фоне совсем неприметно выглядит цифра — от $^1/_2$ до $^4/_5$ киловатт. Такую мощность имеет установка «Ромашка», построенная под руководством академика М. Д. Миллионщикова в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова. Ее реактор тоже быстрый, только служит он уже не размножителем. Основная его функция, как и у большинства других его собратьев, — превращать тепло в ток. Но как превращать!

Законное изумление вызывает у нас изощренная смекалка конструкторов, придумавших массу хитроумнейших приспособлений, дабы энергию расщеплен-

ного атома передать потребителю в наиболее удобной форме — в виде электрического тока. Тут и теплоноситель — вода, натрий, газойль. Тут и сеть коммуникаций, своей витиеватостью напоминающая кровеносную систему. Трубы, распираемые десятками атмосфер и обжигаемые сотнями градусов. Перегреватели. Парогенераторы. Турбины. Электрогенераторы.

Да, сперва надо превратить атомный жар в упругий влажный ураган, затем поступательное движение пара — во вращение якоря с обмоткой, наконец, механическую энергию — в электрическую. Вот сколько пересадок на маршруте тепло — ток! Пока что нигде в мире не умеют делать иначе — по крайней мере в промышленных масштабах. Но будет ли так всегда?

14 августа 1964 года состоялся пуск первого в мире реактора, трансформирующего ядерное тепло прямо в электрический ток. Поэтическое название цветка родилось неспроста: боковые выступы на цилиндрическом корпусе термоэлектрического преобразователя напомнили инженерам лепестки простой полевой ромашки.

«Ромашка» отапливается ураном-235 — в изотопной смеси его доля составляет 90 процентов. Вес горючего — почти полцентнера.

Тепловой поток воспринимается кремний-германиевыми термоэлементами. В них-то и происходит волшебное превращение тепла в ток, прямое, без промежуточных ступеней. Горячие спаи полупроводниковых преобразователей нагреты до тысячи градусов. «Холодные» — до 600, хотя находятся совсем рядом. Этот температурный перепад, необходимый для эффективной работы кристаллических источников тока, достигается без сложной системы охлаждения. Тепло отводится в окружающий воздух металлическими лепестками «Ромашки».

Преобразователи работают в очень напряженном режиме. Убийственная жара. Резкие температурные контрасты. Мощные потоки нейтронного излучения. Выстоят ли в этой адской обстановке все узлы агрегата?

Советская инженерная мысль с честью выдержала ответственные испытания на зрелость.

Русское слово «Ромашка» замелькало на всех языках в строгих научных отчетах после того, как наши ученые на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии сделали доклад и показали кинофильм о новом типе реактора.

Спору нет, «Ромашка» с ее полукиловаттной мощностью не конкурент большим советским реакторам. Но перед нами новое слово в ядерной энергетике. Кто знает, к каким сдвигам ведет этот путь, по которому сделан лишь первый шаг?

На Женевской конференции сообщалось и о других аналогичных аппаратах. В частности, о советском транзисторном устройстве «Бета-1». Здесь уже атомную энергию для непосредственного превращения ее в электрическую поставляет не деление урана или плутония, а бета-распад церия, помещенного в маленький контейнер. Преобразователь дает жизнь радиопередатчику мощностью в 150 ватт, которым оборудована стандартная автоматическая метеостанция. На весенней Международной лейпцигской ярмарке 1965 года удостоен золотой медали следующий представитель того же семейства, созданный Всесоюзным научно-исследовательским институтом радиационной техники, — «Бета-2». Он снаряжен стронцием-90 и рассчитан на 10 лет совершенно независимой работы при полном самообслуживании.

Можно без конца рассказывать о мирных завоеваниях советской ядерной энергетики. Впрочем, почему обязательно энергетики? Разве список гражданских профессий атома исчерпывается одной строкой — «добытчик тепла, света, движущей силы»?

Опуская в скважину источник ядерной радиации, геологи прощупывают пласты, пройденные буром. Так отыскиваются нефть, газ, уголь, металлические руды. По идее члена-корреспондента АН СССР Г. Н. Флерова сконструирован и внедрен в практику

миниатюрный импульсный ускоритель для нейтронного каротажа (зондирования) земных слоев.

Гамма-дефектоскопия — некое подобие рентгена, разве что в его более мощном индустриальном исполнении — позволяет заглянуть внутрь детали и выяснить, нет ли там предательских трещин или раковин.

С помощью радиоактивных изотопов человек измеряет уровень жидкости в закрытых резервуарах, следит, не обмелели ли порты. Оценивает степень износа рабочих поверхностей — от кромки резца до огнеупорной футеровки, выстилающей раскаленную пасть доменной печи. Обнаруживает утечки газа из подземных трубопроводов. Снимает сильные заряды статического электричества, угрожающие пожаром. Узнает структуру отдельных молекул. С фантастической точностью определяет чистоту веществ. Ускоряет химические реакции. Меняет свойства материалов и даже живых существ. Уничтожает вредителей. Наконец, лечит. Невозможно перечислить все, что дает атом человеку.

Три с лишним тысячи советских заводов, институтов, лечебниц применяют в своей повседневной практике ионизирующие излучения и свыше тысячи всевозможных радиоактивных препаратов, производящихся в нашей стране. За один только 1962 год это принесло 200 миллионов рублей экономии. С 1961 по 1963 год у нас выпущено более 30 тысяч радиоизотопных приборов.

Как ускорился научный прогресс, сколько экономится усилий и средств с приходом доброго атома!

Как же и когда он пожаловал в нашу страну? Чьи открытия и изобретения подготовили почву для грандиозных завоеваний советской атомной техники?

Ревизия после катастрофы

«Наука интернациональна, — писал в 1961 году английский ученый Джордж Томсон, широко известный у нас как автор книги «Предвидимое будущее».—

Это очевидно из простого перечня имен: англичанин Чадвик первый открыл нейтроны; итальянец Ферми установил, что они производят определенный эффект в уране, хотя и не смог правильно его объяснить; немец Ган объяснил ошибку Ферми, но сам не сделал последнего шага: не сумел разглядеть процесс ядерного деления. Это выпало на долю его австрийской сотрудницы Лизы Мейтнер, ее племянника Фриша, бежавших от Гитлера, француза Жолио и коллектива американцев, которые почти одновременно открыли явление, обеспечивающее возможность цепной реакции. Здесь названы представители шести национальностей».

Здесь не названы представили русской нации.

Что ж, это вполне простительно: в своей мимолетной иллюстрации сэр Джордж Томсон не задавался целью исчерпывающим образом изложить «этнографический аспект» ядерной проблемы. Иначе ему пришлось бы объяснять, что, например, атомники шестой названной им «национальности» — американцы — на добрую половину состояли из европейцев, «импортированных» Соединенными Штатами. В частности, в США работали Лео Сциллард, Юджин Вигнер, Эдвард Теллер (все из Венгрии); из Италии — Энрико Ферми, Эмилио Сегре; из Германии — Альберт Эйнштейн, причем здесь названы далеко не все выходцы из Старого Света, не говоря уж о том, что сами «аборигены» Нового Света имели тоже довольно пестрый состав (канадец Вальтер Цинн, латиноамериканец Луис Альварес и т. д. и т. п.).

Томсон, бесспорно, не преминул бы назвать датчанина Бора, который стал общепризнанным преемником «патриарха» ядерной физики — неистового новозеландца Резерфорда, скончавшегося в 1937 году. Возможно, он помянул бы польского физика Ротблата, о котором говорилось раньше. А также югославского химика Савича, который вместе с полуполькой-полуфранцуженкой Ирен Кюри в Париже повторил берлинские опыты Гана — Мейтнер — Штрассмана и опроверг первоначальные выводы знаменитого австро-германского трио (возражения

парижан побудили Гана и Штрассмана перепроверить свои результаты — именно так было экспериментально обнаружено деление уранового ядра, теоретически объясненное вскоре Мейтнер и Фришем. Это эпохальное открытие увенчано Нобелевской премией).

Ну, а советские ученые? Разве не достойны они занять подобающее место в созвездии столь блистательных имен?

...1932 год. На авансцену физики выходит главный герой ядерной драмы — нейтрон. Коротенькая, в полстранички, весточка о его открытии Чадвиком появляется в английском журнале «Нэйчур» 27 февраля. Это сообщение будто молнией пронзает умы физиков. Его ждали. Еще в 1920 году Резерфорд высказал догадку: возможно, существует элементарная частица с такой же массой, как у протона, но в отличие от него не имеющая электрического заряда.

Молодой ленинградский теоретик Дмитрий Иваненко давно уже размышляет над структурой ядра. Верно ли, что оно представляет собой смесь электронов и протонов? Если так, то, к примеру, у азота оно должно состоять из 14 элементарных положительных зарядов и 7 отрицательных. В итоге получается плюс 7. Если говорить о конечном результате, то он вполне соответствует действительности. Далее. Ядро азотного атома имеет массу, равную 14 единицам. Так оно и есть: ведь основной вклад в нее вносят 14 протонов; ничтожным же довеском из семи электронов, который в тысячи раз легче, можно пренебречь. Вроде бы все концы с концами сводятся хорошо, но... В соответствии с квантовомеханическими воззрениями каждая частица наделяется особой характеристикой — спином. Эта величина и для протона и для электрона равна $^1/_2$. Число частиц в азотном ядре нечетное — 21. Стало быть, их суммарный спин всегда будет, как выражаются специалисты, «полуцелым». Между тем вопреки теоретическим предсказаниям он именно целый. Похоже, что ядерный коллектив скомпонован из четного количества сочленов.

И это далеко не единственная неувязка из тех,

что давно уже мозолят глаза ученым. Протонно-электронная модель расползается по швам. К сожалению, ничего лучшего пока не предложено.

А есть ли вообще электроны внутри ядер? Такое недоверие к общепризнанной концепции еще в 1928 году высказали Виктор Амазаспович Амбарцумян, ныне академик, астроном с мировой известностью, и Дмитрий Дмитриевич Иваненко, ныне профессор МГУ, доктор физико-математических наук. Это звучало как ересь. Ведь налицо был неоспоримый факт: бета-излучение. Откуда тогда берутся электроны, выстреливаемые ядром, ежели их там нет? Появляются на свет в момент бегства из ядра, не сдавались теоретики-«еретики», а отнюдь не запасены там загодя — подобно тому как, по метафорической аналогии доктора физико-математических наук С. Ю. Лукьянова, звуки «Лунной сонаты» Бетховена не спрятаны под деревянной крышкой рояля, а зарождаются при ударах о клавиши. Идея советских ученых тогда не встретила поддержки.

Наконец пробил час: открыт нейтрон! Буквально через два-три месяца в знаменитом «Нэйчур» вслед за чадвиковской заметкой появляется столь же лаконичная и не менее сенсационная весть: ядра состоят не из электронов и протонов, как думали до сих пор, а из нейтронов и протонов! У автора гипотезы не столь привычное для англосаксонского и романского слуха имя, как Эрнест Резерфорд, Вернер Гейзенберг, Поль Адриен Морис Дирак, Франсис Перрэн. Его зовут Dmitri Iwanenko...

Гипотеза подвергается атакам. Среди оппонентов не кто иной, как проницательный Дирак, математически предвосхитивший в 1928 году открытие позитрона — положительного электрона (1932 год). Тот самый Дирак, на идеи которого опирались Амбарцумян и Иваненко, подвергая сомнению присутствие электронов в ядрах. Но на сей раз могучая интуиция словно отказывает кембриджскому корифею новой физики.

Со скрипом, не без сопротивления рушится протонно-электронная конструкция. Делаются попытки

восстановить ее на новой основе. Так, в июле 1933 года супруги Жолио-Кюри предполагают, что ядра состоят из своеобразной «смеси» нейтронов с позитронами, где нейтрон является не элементарной частицей, а комплексом — протон плюс электрон.

В сентябре 1933 года докладом Фредерика Жолио-Кюри «Нейтроны» в Ленинградском физико-техническом институте открывается I Всесоюзная конференция по атомному ядру. На ней выступает и другой именитый гость — Франсис Перрэн (впоследствии он получит патент на расчет критической массы, а после войны станет верховным комиссаром Франции по атомной энергии). Он считает весьма правдоподобным представление Гейзенберга об облаках, окружающих нуклоны в ядре: электронном, охватывающем протон, и позитронном, в которое одет нейтрон.

На кафедре — Иваненко. В заочной полемике с Гейзенбергом он отстаивает элементарность ядерного нейтрона, как, впрочем, и протона. Он не убежден, что адвокатура Перрэна спасет гейзенберговские электронные и позитронные облака в ядре: подобное состояние маловероятно.

Слушателям и невдомек, что через несколько недель, в конце того же 1933 года, Гейзенберг сойдет с этих шатких позиций. В октябре на VII Сольвеевском физическом конгрессе в Брюсселе он заявит: попытки истолковывать бета-распад как сосуществование внутриядерных электронов с нуклонами не выдерживают критики.

Изгнание электронов из ядра и воцарение там нейтронов положило конец «азотной катастрофе». Спин нейтрона равен $^1/_2$, как и у протона. Общее число нуклонов в ядре азота четное — 14. Потому-то у него суммарный спин целый. Но бывают ядра и с полуцелым спином. Значит, общее количество нейтронов и протонов в них нечетно.

Новая модель дала возможность точно рассчитывать энергию, высвобождающуюся при радиоактивном распаде.

Дважды два — четыре. Эта арифметическая истина в странном мире ядерных частиц терпит неожиданное фиаско. Оказывается, любое ядро всегда легче простой суммы несвязанных нуклонов, из которых оно возникло. «Недостача», — сказал бы ревизор. «Дефект массы», — говорят физики. Правда, «материальный ущерб», нанесенный нуклонам при их коллективизации, полностью и тотчас возмещается в драгоценнейшей «валюте» — энергетической, причем такая компенсация в точности равна дефекту массы, умноженному на скорость света в квадрате. Вся ядерная энергетика зиждется на этой закономерности, о чем бы ни шла речь — о синтезе легких ядер или же о делении тяжелых. У нейтрона масса не точно такая же, как у протона, хотя и близка к ней по своей величине. Эта разница играет существенную роль при вычислениях дефектов масс и энергетических эффектов, когда учитываются ничтожнейшие доли нуклонной плоти. Понятно, к каким грубым ошибкам приводили бы расчеты на основе протонно-электронной модели, если они вообще были бы возможны. Прочность ядра, его способность делиться, другие кардинальные его свойства зависят от соотношения между количествами нейтральных и заряженных частиц, составляющих сердцевину атома. Стоит ли говорить, какое значение приобрела в руках теоретиков и экспериментаторов иваненковская модель?

Но так уж повелось, что разрешение одной проблемы немедленно ставит новые вопросы. Какими узами связаны вместе ядерные нуклоны?

Протоны — одноименно заряженные частицы. Они отталкиваются друг от друга. Что же спаивает их в дружный коллектив? Гравитационное взаимодействие? Нет, оно слишком слабо, чтобы противостоять электростатической вражде. Не может оно обеспечить и сильное взаимное влечение незаряженных нейтронов, способное сцементировать их вместе с протонами в сверхплотный ядерный сгусток.

Над этой загадкой мучительно бились физики всего мира. Ломал над ней голову и Энрико Ферми.

Однажды неутомимого римского исследователя осенила идея, которая обещала стать ключом к таинственному, за семью печатями, ядерному ларцу. Великий итальянец уже засел было за изложение своей концепции, как вдруг...

В одном из номеров «Нэйчур» за 1934 год он прочитал две публикации, еще раз доказывавшие, что идеи «носятся в воздухе». И что в далекой, в такой, по слухам, «неевропейской» России есть свои физики — настоящие профессионалы, занятые проблемами атома.

Одну статью, напечатанную в «Нэйчур», написал москвич И. Е. Тамм, ныне академик, лауреат Нобелевской премии, другую — ленинградец Д. Д. Иваненко. Они дали новый подход к проблеме, после чего она, наконец-то, была выведена из тупика. Какова же, по Тамму и Иваненко, природа ядерных сил?

Чтобы объяснить, как действуют силы на расстоянии, физики ввели особое понятие — «поле». Например, поле гравитационное. Или электромагнитное. Ни то, ни другое не годилось, чтобы объяснить притяжение нуклонов. А других полей физики не знали.

Тамм и Иваненко предположили: есть специфическое поле ядерных сил, не похожее ни на одно из уже знакомых и все же чем-то напоминающее их.

Было известно, что, например, взаимное влечение или отталкивание зарядов обусловлено тем, что они обмениваются квантами электромагнитного поля — фотонами. Перебрасываются ими, как жонглеры кольцами или игроки в пинг-понг пластмассовым шариком. Таким образом партнеры влияют на поведение друг друга. Тамм и Иваненко высказали гипотезу: такое же обменное взаимодействие связывает и нуклоны в ядре. Оно несравненно мощнее, чем гравитационное или электромагнитное, только проявляется на гораздо более коротких дистанциях. И здесь тоже должен существовать свой посредник в межнуклонном обмене. Какой же?

Не фотон, это ясно: он обеспечивает слишком слабую связь. Быть может, электрон? Расчеты, проделанные Таммом, показали: нет, он не годится на роль внутриядерной «разменной монеты» — мешало то, что у электрона полуцелый спин, а не целый, как у фотона. Нейтрино? Тоже нет: у него спин, как и у электрона, равен одной второй. Были и другие неувязки. А если нуклоны обмениваются сразу двумя частицами? У пары электрон — нейтрино суммарный спин целый! Увы, даже вдвоем этим тщедушным частицам не по плечу обеспечить чудовищно сильное тяготение между нуклонами.

Расчеты советского ученого упорно давали отрицательный результат. Что же тогда служит посредником в обменном взаимодействии, что? Оставалось сделать последний шаг, но... Наука в большей степени, нежели поэзия, «вся — езда в незнаемое». Впрочем, разве мало сделано? Показав, что понятие поля универсально, эти работы словно открыли глаза физикам. Достаточно четким пунктиром они наметили зоны будущих раскопок на карте силовых полей — там мог лежать еще не найденный заветный «золотой ключик» к ядерному ларцу.

Так оно и случилось. Ответ на поставленный вопрос пришел меньше чем через год из японского города Осака. Ссылаясь на основополагающие работы Тамма и Иваненко, молодой преподаватель Хидеки Юкава высказал догадку: обменные силы в ядре, видимо, обязаны своим происхождением частице с нулевым спином, которая в 200—300 крат тяжелее электрона и соответственно в 6—8 раз легче нуклона. «Мезон» (от греческого «мезос» — «средний») — так нарекли потом этого гипотетического «невидимку», которому суждено было еще некоторое время скрываться от физиков, пока, наконец, он не попался им в сети из потока космических лучей. Вскоре Юкава разработал теорию мезонного поля, за что в 1949 году удостоился Нобелевской премии.

По представлениям Юкавы, внутри ядра протон и нейтрон непрерывно обмениваются заряженными

мезонами, превращаясь друг в друга. Нейтрон с нейтроном, как и протон с протоном, тоже перебрасываются мезонами, но уже нейтральными.

Говоря об истоках этой замечательной теории в ее сорокалетний юбилей (1945 год), японский физик профессор Ш. Саката, ученик Х. Юкавы, отдаст должное работам советских ученых: «Мало кто пытался вскрыть сущность ядерных сил. До профессора Юкавы мы можем назвать только Тамма и Иваненко».

Двойники и самоубийцы

Три десятилетия с лишним наука об атоме «пробавлялась» только тремя видами радиоактивных излучений: альфа, бета и гамма. Первые два были открыты Резерфордом в 1899 году. Третий — французским ученым Вилларом в 1901-м. Лишь в 1934 году супруги Жолио-Кюри опознали среди ядерных беглецов положительного двойника электрона (несколько раньше его поймали в космических лучах).

Наступил 1935 год.

Братья Курчатовы, несмотря на молодость, не были «зелеными» новичками ни в физике вообще, ни в атомной в частности. Тридцатидвухлетний Игорь Васильевич вот уже десятый год работал в Ленинградском физико-техническом институте, а с 1932 года возглавлял отдел ядерной физики. Борису Васильевичу тоже не были чужды проблемы радиоактивности, хотя он и занимался больше полупроводниками. Однако явление, с которым столкнулись ученые, могло озадачить и маститого ветерана науки об атоме.

В начале 1935 года счетчик ядерных излучений бесстрастно возвестил сотрудникам курчатовской лаборатории о том, чего на первый взгляд быть не должно. Исследователи бомбардировали бром недавно открытыми нейтронами. Ожидалось, что элемент № 35 даст при этом две свои активные разновидности — одну с 18-минутным периодом полураспада, другую — с 4-часовым. Так по крайней мере свиде-

тельствовали опыты Энрико Ферми. И действительно, полученная смесь давала радиацию обоих типов. Но одновременно обнаружилось и другое излучение: оно уменьшало свою интенсивность вдвое не через 18 минут и не через 4 часа, а лишь по прошествии полутора суток. Странно! Ведь у брома два стабильных изотопа: один с массовым числом 79, другой — 81. Поглотив нейтрон, первый превращается в бром-80, второй — в бром-82. Оба новорожденных активны, причем ни один из них, судя по результатам Ферми, не должен быть столь долговечным. Откуда взяться более живучему? Быть может, в смеси перед облучением содержался какой-то третий, до сих пор не известный изотоп, который потом под действием нейтронов тоже сделался из стабильного радиоактивным, только с другой константой распада? Эксперимент отмел такую версию.

Тщательный химический анализ, проведенный Б. В. Курчатовым, исследования и расчеты Л. И. Русинова, Л. В. Мысовского, других сотрудников привели к однозначному заключению: налицо не новый изотоп, а новый тип радиоактивности, ускользнувший от зорких глаз Ферми.

Выяснилось, что полуторасуточным периодом обладает бром-82. Ни один из двух других упомянутых сроков жизни, более коротких, к нему касательства не имеет. Оба они относятся к брому-80. Парадоксально, но факт: атомы-близнецы неодинаковы! При полной идентичности ядерной и электронной структуры часть атомов брома-80 уполовинивает общую интенсивность излучения через 18 минут, часть — через 4 часа. Как оказалось, в последнем случае особинка ядер в том, что они возбуждены. Излучая гамма-кванты, они переходят в основное, более устойчивое состояние, после чего начинают испускать те же электроны, что и их более спокойные двойники.

Так к уже известным типам радиоактивных превращений примкнула ядерная изомерия.

Сейчас былые «диковинки» — ядерные изомеры — исчисляются многими дюжинами.

Эффект, обнаруженный братьями Курчатовыми, Мысовским и Русиновым, встал в один ряд с открытиями Резерфорда, Виллара и Жолио-Кюри.

Не сразу признали русскую находку. «Трудно поверить в существование изомерных атомных ядер, то есть таких, которые при равном атомном весе и равном атомном номере обладают различными радиоактивными свойствами... Мы надеемся после проведения экспериментов узнать, стоит ли заниматься вопросом об изомерных ядрах». Так на физическом съезде в Цюрихе в 1936 году говорила та самая Лиза Мейтнер, которой суждено было вскоре узреть то, чего не видел или не хотел видеть Отто Ган, — деление урановых ядер. Правда, оценивая значение «невероятного» открытия, Лиза Мейтнер добавила, не могла не добавить: «Предположение о существовании изомерных ядер дало бы возможность объяснить искусственные превращения урана».

Искусственные превращения урана! Так ведь это та самая проблема, решение которой преобразило мир и над которой с 1934 года бились лучшие умы: сначала Ферми, а впоследствии Ноддак, Савич, Жолио-Кюри, Ган и Штрассман, наконец, Мейтнер вместе с Фришем. Интересно: в 1939 году именно Лиза Мейтнер сделала последний шаг, завершивший одно из крупнейших открытий века, рассеявший последние сомнения в способности уранового ядра разваливаться на крупные осколки. Она сделала этот шаг вопреки необоримому скепсису Гана. А тогда, в Цюрихе, Мейтнер сама выступала в роли скептика, вливая яд сомнения в души физиков...

В качестве постскриптума остается добавить следующее. В 1938 году, на три года позже наших соотечественников, ядерную изомерию обнаружили Н. Фезер и Э. Бретчер (Англия) — вторично. И все же в 1963 году один канадский научный журнал, посвященный проблемам ядерной энергии, поместил таблицу видов радиоактивности, где в качестве первооткрывателей фигурировали именно британские ученые. Неосведомленность? Интересно, как отнесся бы к этому сюрпризу соотечественник Фезера и Бретчера

Рональд Кларк, благородно ратующий, если помните, за честность записей в свитках истории.

С именем И. В. Курчатова связан еще один эпизод в истории радиоактивности.

— Это произошло за год до начала Великой Отечественной войны, — вспоминает член-корреспондент АН СССР Г. Н. Флеров. — Отгромыхав по рельсам, нырнул в тоннель последний голубой экспресс московской подземки. Столица затихла. А на станции метро «Динамо» тем временем появилась группа довольно странных полуночников. На них не было метростроевских комбинезонов. Они были одеты в лабораторные халаты, а в руках держали хрупкие приборы... Описанный эпизод, — продолжает Георгий Николаевич, — мне запомнился вовсе не потому, что он произошел в столь необычной обстановке. Дело в другом: подземный эксперимент, проведенный Константином Антоновичем Петржаком и мною, завершал длительную серию исследований. Выйдя после ночного бдения из метро, мы тут же дали телеграмму в Ленинград нашему руководителю профессору Игорю Васильевичу Курчатову: «Есть спонтанное деление!»

К тому времени уже было открыто деление урана, но вынужденное — под действием нейтронов. Как продемонстрировали Ган и Штрассман, а затем обосновали Мейтнер и Фриш, ядро урана-235, впустив нейтрон, разваливается на два крупных куска. Флеров и Петржак доказали: чтобы пала ядерная крепость, вовсе не обязателен троянский конь, намеренно забрасываемый в нее физиками. Такие катастрофы случаются сами собой — спонтанно. Чем же интересна эта находка?

Счетчик Флерова и Петржака отмечал на круг шесть таких «самоубийств» в час, хотя вес препарата (природная смесь урановых изотопов) измерялся граммами. В атомный же котел загружаются тонны урана. Так что самопроизвольных вспышек там больше чем достаточно. Сама природа сняла с человека заботу о первотолчке, порождающем цепную лавину в реакторе. Открытие Флерова и Петржака пока-

зало, что «запальные» устройства уже есть в самом ядерном топливе и делать их специально не имеет смысла.

Деление, правда, могут вызвать также случайные микроскопические гости, жалующие к нам из глубин вселенной и прошибающие даже толстые крыши, — космические лучи. Потому-то ученые и отгораживались от неба земляным сводом метро.

Сейчас спонтанное деление замечено почти у трех десятков изотопов. И чем крупнее ядро, тем ярче выражена склонность к такому самоуничтожению. К примеру, у урана спонтанное деление наблюдается в миллионы раз реже, чем альфа-распад. Зато у рукотворного элемента № 104 (для него предложено название «курчатовий» — он синтезирован недавно группой Г. Н. Флерова) самопроизвольное деление преобладает. Именно оно обусловливает очень короткий период полураспада у курчатовия — треть секунды.

Совсем недавно в Дубне одна из флеровских групп, руководимая С. М. Поликановым, впервые обнаружила самопроизвольное деление ядер из возбужденного изомерного состояния. Так в работах молодых советских физиков сошлись, словно на перекрестке, два больших открытия, сделанных ученым старшего поколения — Курчатовым и его учениками.

Грозный фейерверк микромира

В 1936 году начался новый этап в «беге на стартовой дорожке», как назвал Резерфорд лихорадочную исследовательскую гонку после открытия нейтрона. Прицельную пальбу нейтронной картечью по ядерной Бастилии ведут взапуски канониры всех известных атомных лабораторий. Они жадно всматриваются в результаты экспериментов. Что получится, если нейтронная дробинка, таранив ядро, застрянет в нем?

«Это может привести к взрыву ядра», — говорит Нильс Бор.

В 1936 году член-корреспондент АН СССР Я. И. Френкель одновременно с Н. Бором теоретически анализирует явления, протекающие в атомной сердцевине, когда она ранена пулей, посланной человеком. Он уподобляет нуклонный сгусток капле сверхплотной жидкости, которая, захватив нейтрон, начинает «кипеть», разбрызгивая ядерные частицы. Френкель впервые вводит условное представление о температуре ядра. Он публикует цикл работ, где облекает свои соображения в математически строгую форму, уточняет первоначальную модель.

Мысли Френкеля получают признание и развитие в трудах самого Бора (1938 год).

В кульминационный момент ядерной эпопеи, когда мир узнает об опытах Гана, Френкель тотчас печатает классическую работу по делению тяжелых ядер медленными нейтронами (1939 год). Лишь несколькими месяцами позднее появится аналогичная и, понятно, более детализированная с количественной стороны публикация Бора и Уилера.

В 1939 году, по горячим следам открытий Гана и Штрассмана, Мейтнер и Фриша, выходит статья «К вопросу о цепном распаде основного изотопа урана». Ее авторы — Я. Б. Зельдович и Ю. Б. Харитон. В 1940 году они продолжают свои исследования: «Деление и цепной распад урана», «О цепном распаде урана под действием медленных нейтронов», «Кинетика цепного распада урана», «К теории развала ядер» (совместно с Ю. А. Зысиным). И в 1941 году — «Механизм деления ядра».

В первых же работах советские ученые наметили конкретные пути, как технически реализовать идею, которая так долго считалась неосуществимой.

В начале 1939 года «великий старец» Нильс Бор в беседе с Юджином Вигнером перечислил 15 веских доводов, из-за которых, по его мнению, практическое использование ядерного деления абсолютно исключено. Альберт Эйнштейн уверял одного американского репортера в том, что все эти перспективы не более как химера.

Кто осмелится укорять ученых в наивности или пессимизме? Буквально до 1940 года уровень знаний о тонкостях ядерного деления не давал оснований для смелых прогнозов. Либо, наоборот, вдохновлял на беспочвенные прожекты. До позднего лета 1939 года специалисты сомневались в справедливости боровского предположения, высказанного еще в феврале: делению подвержен не уран-238, а уран-235 (сам этот изотоп был открыт совсем недавно — в 1935 году). Лишь весной 1939 года выяснилась необходимость замедлять нейтроны.

О том, насколько скудными и противоречивыми сведениями располагали ученые, говорят первые оценки критической массы. Они колебались в широком диапазоне — от фунта до многих тонн. Франсис Перрэн, например, подсчитал: достаточно получить 40 тонн урана, чтобы произошел взрыв.

«Деление урана, казалось, можно было легко осуществить, — вспоминает о некоторых заблуждениях того времени академик Я. Б. Зельдович. — Перрэн предполагал, что извержение вулканов — это и есть результат цепной реакции деления урана, случайно скопившегося в недрах Земли. На самом деле все оказалось гораздо сложнее. В 1939 году в Институте химической физики АН СССР вместе с Харитоном мы анализировали условия, которые действительно нужны, чтобы могла осуществиться цепная реакция деления. Было показано, что уран-238, а также и природная смесь изотопов урана не пригодны для осуществления деления (впоследствии И. В. Курчатов, проделав титаническую работу по измерению ядерных констант, которые в довоенное время были определены неточно, установил, что природную урановую смесь тоже можно использовать в качестве топлива для реактора. — *Л. Б.*)... С другой стороны, сама организация ядерной реакции оказалась проще, чем представлял себе Перрэн. Не зная в подробностях цепной теории, он предполагал, что стоит создать критическую массу, как произойдет взрыв. На самом деле в критической массе реакция идет не разгоняясь и не затухая: 100 нейтронов при деле-

нии дают 250 нейтронов, из них 150 теряются и поглощаются, остается ровно 100. Реакцию легко проводить в строго постоянных условиях».

В ноябре 1940 года на Всесоюзном совещании по физике атомного ядра обсуждался вопрос о том, чтобы обратиться к правительству за ассигнованием крупных средств на создание первого уранового реактора. В Президиум Академии наук поступил план предстоящих работ по цепным ядерным реакциям.

Работы наших ученых шли в фарватере мировых достижений.

От меча и погибнет!

22 июня 1941 года на улицы наших городов упали первые бомбы. Поднятые по тревоге пограничные заставы приняли первый бой. Мимо пылающих хат загрохотали танки с тевтонскими крестами на башнях, колонны моторизованной пехоты исполинскими удавами поползли по старинным русским дорогам.

Физики пошли на фронт, стали работать на оборону. Но атом не забыт, не может быть забыт. И. В. Курчатов по всей стране скликает рать физиков.

25 декабря 1946 года советский реактор пущен! Первый в Европе. Это произошло всего через четыре года после того, как в декабре 1942 года под трибунами чикагского стадиона заработал котел Энрико Ферми. Четыре года — много это или мало? Два с половиной из них — всенародная военная страда, дорога скорби и мужества, бесконечно долгая, обильно политая кровью и потом. Остальные полтора — залечивание ран, преодоление страшной разрухи. Годы, которые вместили эпоху...

Советский народ, только что переживший опустошительную войну, не мог сквозь пальцы смотреть, как западные дипломаты снова играют с огнем, теперь уже у бочки с ядерным порохом. Наученный

горьким опытом, он должен был гарантировать от любых посягательств свою свободу и право на мирный труд, отвоеванные столь дорогой ценой. Таким гарантом стал наш атомный часовой, заступивший на пост в 1949 году.

«Для ученых все это было чудовищным сюрпризом, — свидетельствует Роберт Юнг в книге «Ярче тысячи солнц». — ...Широко распространенная на Западе в послевоенные годы недооценка возможностей России изготовить атомную бомбу в ближайшее время, пожалуй, еще более поразительна, чем прежняя переоценка атомных возможностей Германии... Ошибочный вывод, сделанный в Америке из краха атомного проекта в третьем рейхе, заключался в недооценке русских атомных разработок и общего прогресса, достигнутого Советским государством».

А 12 августа 1953 года над советским испытательным полигоном взметнулся термоядерный взрыв.

Девятью месяцами раньше, в ноябре 1952 года, на тихоокеанском атолле Эниветок испытывалось американское термоядерное устройство (операция «Майк»). Но, как признали сами его творцы, оно являлось громоздким и нетранспортабельным. Вместе с холодильником для сжижения дейтериево-тритиевой смеси оно весило 65 тонн! Настоящую водородную бомбу США взорвали только 1 марта 1954 года. Это была та самая операция «Кастл», из-за которой пострадали 23 японских рыбака.

Создав надежный атомный щит, Страна Советов еще настоятельней, чем прежде, предложила запретить все виды нового оружия. Тем временем уже полным ходом шли работы над проектом первой АЭС. И над укрощением термоядерной реакции.

Солнце на земле

25 апреля 1956 года британский ядерный центр Харуэлл посетила советская делегация. Перед учеными, собравшимися в конференц-зале, с полуторачасовой лекцией выступил высокий бородатый чело-

век с открытым, приветливым лицом и пронзительным взглядом темных глаз. На следующий день «Дейли экспресс» писала: «Курчатов поразил аудиторию, сообщив, во-первых, что русские закончили эксперименты, которые в Харуэлле находятся только в стадии планирования; во-вторых, тем, что он без утайки привел все методические детали, иллюстрируя их цифрами и формулами, которые в Англии и США считались совершенно секретными».

Эдвард Теллер, «отец» американской водородной бомбы, заявил: доклад Курчатова имеет огромное значение и свидетельствует о высоком техническом уровне исследований, проводимых Советским Союзом.

«Я прилетел из Чикаго в Вашингтон, надеясь услышать отчет Теллера о нашей работе, — пишет американский физик Ральф Лэпп. — ...Теллер не знал, что все присутствующие получили по экземпляру текста курчатовского доклада. Слушая Теллера, мы испытывали не только разочарование, но и досаду из-за того, что человеку, находящемуся по ту сторону «железного занавеса», пришлось поведать Западу об управляемой термоядерной реакции».

Да, Курчатов говорил о достижениях и перспективах термоядерной энергетики.

В огненном клубке плазмы, возникающем при термоядерном взрыве, протекают примерно те же процессы, что и в недрах Солнца. Чтобы «звездная» реакция началась, необходимы колоссальные температуры. Недаром детонатором взрыва служит атомная бомба. Только в этих условиях легкие ядра, разгоняясь до сверхвысоких скоростей, преодолевают взаимное отталкивание и сливаются, высвобождая энергию. 40 миллионов градусов — вот сколько нужно для соединения дейтерия с тритием. Казалось бы, ни один материал, даже самый жаропрочный, не выдержит такого нагревания. Между тем проблема выворачивается наизнанку: опасаться за свое существование надо не столько термоядерной «печи», сколько самому горючему.

В газообразной и весьма «разжиженной» форме

заполняет оно герметичную камеру, где царит глубокий вакуум: концентрация частиц там в миллионы раз ниже, чем в воздухе на уровне моря. Так что, если начнется термоядерный синтез, давление отнюдь не подскочит до миллионов атмосфер, как при взрыве водородной бомбы. Оно превысит нормальное всего раз в сто. Ну, а солнечные температуры?

Вы можете попробовать на ощупь десятки тысяч градусов без малейшего риска обжечься — прикоснитесь к газосветной лампе, скажем, к одной из тех, что заливают вечерние улицы огнями неоновых реклам: под стеклом трубки витают частички, которые раскалены именно до такой температуры! Имеется в виду их кинетическая температура, вернее, энергия, а по сути дела — скорость их суетливой беготни. Намного более бешеная стремительность, соответствующая полумиллиарду градусов, нужна дейтронам, чтобы они при сближении смогли превозмочь взаимную неприязнь и слиться. Мы говорим «дейтронам», а не «дейтериевым атомам» потому, что перед нами плазма — нейтральная в целом смесь оголенных ядер и сорванных с них электронных оболочек. Что же касается энергии этих крупинок вещества, то ее не хватит даже на заметное нагревание их обиталища — до тех пор, пока не начнется термоядерный синтез. Зато само плазменное облачко как огня боится окружающей его твердой поверхности. При соприкосновении с нею оно тотчас охлаждается. Как не допустить столь опасную для него встречу со стенками?

В 1950 году академики А. Д. Сахаров и И. Е. Тамм впервые предложили использовать для этого магнитное поле. Оно должно собрать ядра и электроны в густой рой посредине камеры и поддерживать его на весу до тех пор, пока не начнется реакция. Сетку силовых линий легко ввести внутрь полого кольца или цилиндра с помощью наружного электромагнита. А можно сделать иначе — перевести плазму на самообслуживание.

Вот проволочки, расположенные рядом, взаимно параллельно, как гитарные струны. Если пропустить через них ток в одном направлении, они потянутся

друг к другу. Их обоюдное влечение порождено нимбом электромагнитного поля, окутывающим каждую из них этакой незримой муфтой. А если ток пройдет через газовую смесь? Скажем, в виде мощного разряда — в десятки тысяч ампер? Разумеется, кратковременного, в миллионные доли секунды: иначе просто не выдержит аппаратура. Тогда отдельные «волоконца» искусственной «молнии» будут стремиться сойтись, увлекая за собой заряженные частицы — те самые, что во время пробоя образовались из нейтральных атомов. Сжимаясь в тонкий длинный жгут, плазма разогреется до сверхвысоких температур (это явление получило в английском языке название пинч-эффекта).

Теорию быстрых линейных пинчей создали в 1953 году академик М. А. Леонтович и С. М. Осовец, а впоследствии независимо от них американский ученый М. Розенблют. Советские физики впервые обратили внимание на огромную роль, которую играет полностью ионизированная токопроводящая оболочка газового столба (скин-эффект — от английского «шкура»). Мгновенно сужаясь, она порождает цилиндрическую ударную волну, направленную внутрь, к собственной оси. Распространяясь по радиусу со скоростью свыше 100 километров в секунду, этот необычный взрыв превращает нейтральную газовую сердцевину шнура в высокотемпературную плазму.

В своих опытах над самосжимающимся разрядом ученые впервые столкнулись с явлением плазменной неустойчивости. Электрические струйки искусственной «молнии», не обладая жесткостью, вихлялись и тем самым способствовали быстрому разрушению осевого ядерно-электронного сгустка. Нужно было сделать эфемерное облачко плазмы более стабильным.

Советский физик Г. И. Будкер, ныне академик, возглавляющий Институт ядерной физики в новосибирском Академгородке, высказал, а потом (в 1953 году) обосновал идею «магнитной бутылки». По такому принципу действует знаменитая «Огра» («объемный газовый разряд») — самая большая в мире ловушка подобного типа, пущенная в 1958 году. Она

рассчитывалась и строилась под научным руководством И. Н. Головина. Это установка цилиндрической формы поперечником 1,4 метра, а в длину — целых 20. Здесь магнитное поле создано неподвижным соленоидом, намотанным снаружи на трубу. Таким образом, силовые линии, удерживающие плазму, не «гуляют», они как бы закреплены в пространстве жесткой сеткой. Поле внутри вакуумной камеры напоминает бутыль, у которой на месте донца второе горлышко. «Пробки» тоже магнитные — они создаются парой катушек с током, расположенных по обоим торцам цилиндра.

Применяются не только цилиндрические камеры, но и изогнутые — скажем, наподобие восьмерки («Стелларатор»). Или в виде бублика (английские «Зета» и «Скептр»); советская «Альфа», сконструированная по образцу «Зеты»; семья оригинальных советских установок («Токамак»).

«Если рассматривать результаты исследований, выполненных на установках «Зета», «Скептр», «Альфа» и других, с точки зрения тех перспектив, которые они открывают для решения задачи об управляемом термоядерном синтезе, то эти перспективы будут иметь весьма пессимистическую окраску», — говорил академик Л. А. Арцимович. Зато дальнейшая работа с системами типа «Токамак», по его словам, «имеет серьезные перспективы».

Несмотря на все ухищрения, плазма увертывается от магнитной упряжи, отлынивает от мирной работы. Но, обнажая с каждым разом все новые черточки своего норовистого характера, она тем самым подсказывает ученым и инженерам, как им лучше идти на следующий приступ.

Магнитные объятия становятся крепче

Несколько лет назад в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова в отделе плазменных исследований, которым руководит Л. А. Арцимович, за-

кончилось строительство установки ПР-5. В нее заложен оригинальный принцип комбинированного поля. До сих пор испытывались ловушки двух типов — либо с выпуклыми магнитными «стенками» («бутылка с пробками»), либо с вогнутыми («раструбы фанфар»). У каждой из них свои преимущества. Но и свои недостатки. Больное место первой — магнитные объятия слабеют от середины, от оси камеры к ее краям. Плазма всплывает изнутри наружу, как керосин, налитый под воду. У второй ловушки наоборот — магнитные стенки от центра к периферии становятся все плотнее и плотнее. Но в том месте, где «фанфары» соприкасаются, зияет кольцевая щель. Плавные изгибы раструбов обусловлены взаимным отталкиванием встречных полей. Граница вражды становится лазейкой для плазменного сгустка.

А если совместить «бутылку» с «фанфарами»?

Советские физики Ю. Т. Байбородов, Р. И. Соболев и В. М. Петров под руководством кандидата физико-математических наук М. С. Иоффе построили такую гибридную ловушку.

О результатах проведенной на ней работы председатель Государственного комитета по использованию атомной энергии СССР А. М. Петросьянц отзывался так: «В 1962 году на установке ПР-5 удалось подавить гидромагнитную неустойчивость и получить плазму с температурой 40 миллионов градусов и плотностью 10^{10} частиц/см^3. Она устойчиво удерживалась в ловушке в течение сотых долей секунды, то есть в тысячи раз дольше, чем удавалось получить ранее при этой температуре и плотности. Этот результат явился одним из крупных достижений на пути изучения плазмы. Однако этого еще недостаточно для овладения термоядерной энергией: необходимо научиться подавлять другие типы неустойчивостей, получать более плотную и горячую плазму».

Да, более плотную, ибо концентрация составила 10 миллиардов частиц на кубический сантиметр, а нужно в миллион раз больше. И более горячую: температура в 40 миллионов градусов примерно

в 10 раз ниже заветного предела (для дейтериевой плазмы). Наконец, срок, в течение которого плазма должна удерживаться при этих условиях, чуть ли не в сто раз дольше — порядка секунды.

Никто не возьмется указать срок, когда даст ток первая термоядерная электростанция. Но никто не усомнится в том, что на этом пути сделан новый важный шаг, пожалуй, самый значительный за последние годы.

В 1965 году академик Андрей Николаевич Колмогоров и его молодой сотрудник Владимир Арнольд были удостоены Ленинской премии за решение математической проблемы, которая имеет прямое отношение к физике вообще и к ядерной в частности. Речь идет об устойчивости замкнутых механических систем типа солнечной. Метод исследования, разработанный Колмогоровым и Арнольдом, позволил доказать: да, вполне возможно создание термоядерной ловушки, где облачко плазмы, изолированной от стенок, будет удерживаться длительное время.

Сделано многое, но еще больше предстоит сделать впереди, чтобы приблизить новый грандиозный триумф человеческого разума.

— Если удастся добиться плотности в десятки триллионов частиц на кубический сантиметр, можно будет считать, что мы успешно справились с задачей, — говорит академик Л. А. Арцимович. — Разумеется, нужны еще хорошие способы нагревания частиц до сверхвысоких температур. Обращает на себя внимание предложенный Завойским новый метод, в котором для нагревания плазмы используется ее же начальная неустойчивость, исчезающая после такого ее применения.

Оказалось, что можно не просто обезвреживать неустойчивости, но и заставлять их делать доброе дело!

Плазма — чрезвычайно своеобразная субстанция. От обычного газа она отличается тем, что ее частички заряжены и потому особенно неравнодушны друг к другу, откликаются на малейшие электрические и магнитные воздействия. Но если парные взаимоот-

ношения (например, столкновения) частиц целиком определяют собой свойства газа, то здесь они не играют практически никакой роли. Зато дают себя знать коллективные взаимодействия, когда отдельные скопища ионов или электронов, плазменные сгущения и разрежения выступают как единое целое и активно влияют друг на друга.

Этими явлениями увлекся молодой сотрудник Института ядерной физики (Новосибирск) Р. З. Сагдеев, ныне член-корреспондент АН СССР. В 1962 году, в тридцатилетнем возрасте, он защитил докторскую диссертацию. Темой для нее он избрал свои теоретические изыскания, согласно которым ударные волны (они несутся со сверхзвуковой скоростью, вызывая сильное сжатие среды) могут возникать и распространяться в разреженной плазме, несмотря на то, что она представляет собой эфемерное, неощутимо бесплотное облачко. Могут, ибо она обладает вполне достаточной упругостью, обусловленной ее специфическими свойствами. Но самое интересное в том, что ударная волна, обычно такая устойчивая, долго не затухающая, здесь, в условиях коллективных взаимодействий, подвержена неустойчивости, способна расплываться, «угасать», даже опрокидываться подобно морскому валу, когда над ним вырастает пенный гребень, загибающийся вперед, а затем падающий к подножию водяного холма. Но, умирая, она передает свою мощь частицам, переводит их потоки, коллективные смещения в беспорядочную суету. На эту особенность обратил внимание академик Е. К. Завойский. Ведь хаотизация плазмы не что иное, как ее разогревание! В то же время действие сверхбыстрой ударной волны настолько скоротечно, что, задав электронам и ионам хорошую «встряску», разгорячив их, оно не успеет разрушить облачко, хотя и вызовет в нем мимолетные неустойчивости. Именно так — мгновенными мощными импульсами магнитного и электрического поля — в лаборатории Завойского было осуществлено турбулентное нагревание плазмы. Температура ядер поднималась до 30 миллионов градусов, а электронов — до 2 миллиардов!

В наши дни четвертое состояние вещества подвергнуто тщательному теоретическому анализу. Основой расчетов здесь служит знаменитое «уравнение Власова», названное по имени советского ученого, профессора МГУ. В изучении коллективных взаимодействий и неустойчивостей большая заслуга принадлежит харьковчанам Я. Б. Файнбергу и его коллегам.

Интересно: один из двух главных эффектов, к которым сводятся почти все виды неустойчивостей (а их около двадцати), был открыт еще в 1934 году молодым аспирантом профессора С. И. Вавилова Павлом Черенковым. Речь идет об особом свечении, которое испускал электрон, пронизывая какую-то среду. И. Е. Тамм и И. М. Франк подметили, что скорость электрона при этом превосходила световую. Разумеется, не в пустоте, а именно в той среде, какую использовал Черенков. За эти исследования Черенков, Тамм и Франк удостоены Нобелевской премии.

Свет в любом твердом, жидком и газообразном (прозрачном) теле распространяется медленнее, чем в абсолютном вакууме. Скажем, в воде он сбавляет свою скорость на четверть. Между тем весьма энергичные электроны в той же среде способны двигаться заметно быстрее: их «темп» порой лишь на десятую долю меньше, чем у того же света в пустоте. И если в вакууме ни одна частица не способна нестись наравне с фотоном, то здесь электрон берет реванш. Потому-то он и порождает электромагнитные волны, даже если двигается равномерно и прямолинейно. (В других случаях такая возможность исключена. Скажем, в пустоте электрон излучает кванты только тогда, когда он меняет скорость или направление.)

Ситуация напоминает полет артиллерийского снаряда со сверхзвуковой скоростью. Фронт звуковых волн от него имеет форму конуса: сбоку он схож с «усами», разбегающимися по реке от носа катера. Неспроста мины (реактивные самолеты, ракеты тоже) «воют». По аналогии с ними черенковские электроны получили прозвище «поющих». Кстати, это электромагнитное «бельканто» тоже принимает кони-

ческую форму — наподобие светящегося колокола. Излучение Вавилова — Черенкова легко видеть невооруженным глазом: вода, служащая замедлителем в ядерных реакторах, пронизывается потоками быстрых бета-частиц и вся охвачена голубоватым сиянием.

Плазма несравненно «жиже», чем вода и даже воздух. Тем не менее и в ней проявляется описанный эффект. Излучение быстрых электронов возбуждает в ней колебания, коллективные движения. Изучая этот интересный механизм, Я. Б. Файнберг выяснил природу многих неустойчивостей и наиболее благоприятные условия, в которых они возникают при взаимодействии электронных и ионных пучков с плазмой в магнитном поле. Он подсказал, как их преодолевать, а при случае — использовать.

«Современный уровень термоядерных исследований, — пишут советские ученые И. Н. Головин, Б. Б. Кадомцев и В. Т. Толок в сборнике «Советская атомная наука и техника», выпущенном к 50-летию Октября, — можно иллюстрировать следующими результатами: на установках «Токамак» при плотности плазмы 10^{13} см$^{-3}$ (10 триллионов частиц в кубическом сантиметре. — *Л. Б.*) в объеме нескольких сотен литров удается повысить температуру ионов до 1 миллиона градусов Цельсия при времени жизни в несколько миллисекунд. На других установках более высокие температуры и плотность одновременно удавалось до сих пор получать лишь на более короткие промежутки времени, а температуру в сотни миллионов и даже миллиарды градусов и время удержания плазмы порядка секунды — только при очень низкой плотности плазмы».

В одних случаях удалось перешагнуть температурный рубеж, за которым начинается термоядерная реакция, в других увеличить плотность ионно-электронного сгустка и срок его жизни или заметно удлинить быстротечный век плазмы. Но пока ни в одной лаборатории мира еще не научились получать плазму с необходимой концентрацией, энергией и устойчивостью — не порознь, а одновременно. И все же до-

стигнутые результаты настолько значительны, что вселяют уверенность в окончательном успехе.

Впрочем, исследования в области термоядерного синтеза уже принесли плоды — в иных областях обширной нивы знаний. В 1967 году группой ученых и инженеров под руководством академика В. А. Кириллина и члена-корреспондента АН СССР А. Е. Шейндлина пущен опытный магнитогидродинамический генератор. В нем тепловая энергия горючего газа преобразуется прямо в электрическую: ток снимается электродами, введенными в струю пламени (плазма!), которая пронизывает магнитное поле. Со своей стороны, другие науки идут на подмогу термоядерникам.

В 1966 году присуждена Ленинская премия академику В. Л. Гинзбургу, членам-корреспондентам АН СССР А. А. Абрикосову и Л. П. Горькову за работу по сверхпроводящим сплавам, которая во всем мире известна как теория ГЛАГ (Гинзбурга — Ландау — Абрикосова — Горькова; работа академика Л. Д. Ландау отмечена Ленинской и Нобелевской премиями в 1962 году).

Идеи и расчеты советских ученых стали существенным подспорьем для тех, кто занят созданием сверхмощных магнитов с малой затратой электроэнергии. Такие установки пригодятся конструкторам термоядерных электростанций.

Покорителям плазмы скоро, видимо, придут на помощь удивительные «магнитные хлопушки», предложенные впервые академиком А. Д. Сахаровым и независимо от него профессором Я. П. Терлецким. Идея вкратце заключается в следующем.

Представьте металлический стакан, в котором создано магнитное поле и который снаружи обложен взрывчаткой. Когда заряд детонирует, стенки полого цилиндра съеживаются, будто рука сжимается в кулак. Они увлекают за собой и магнитные силовые линии, мгновенно сгущая их в плотный пучок. Таким путем ученым удалось получить кратковременные магнитные поля рекордной, просто чудовищной мощности — 25 миллионов гаусс! Это в десятки

и сотни раз выше, чем получали исследователи любыми иными способами, причем на более дорогих установках. Если бы обмотка обладала сверхпроводимостью, то сконцентрированное поле сохранялось бы сколь угодно долго.

В 1959 году выяснилось, что аналогичные работы начались и в США, затем в Италии и многих иных странах. Недавно в Риме состоялась международная конференция, посвященная этим вопросам. Проблеме импульсных магнитных полей уделил внимание президент АН СССР М. В. Келдыш в своем докладе на XXIII съезде КПСС.

Не исключено, что благодаря открытию Сахарова — Терлецкого удастся добиться прогресса не только в физике плазмы, но и в ускорительной технике, достигнуть энергий, которые пока недосягаемы для самых мощных машин, разгоняющих элементарные частицы.

Раскованным Прометеем назвал атом французский физик Поль Ланжевен, друг и учитель Фредерика Жолио-Кюри. Пожалуй, было бы точнее сравнить с мифическим титаном именно ученого, который выпытал у природы тайну ядерного огнива и поплатился за это. Подобно орлу, терзавшему живого Прометея, казнит ученого совесть за то, что не смог уберечь страшную силу атома от рук, уничтоживших Хиросиму и Нагасаки. Еще мучают его опасения за судьбу атомного трута и кресала, врученных человеку...

Прекрасная античная легенда повествует о том, как Геркулес, сильнейший из людей, освободил Прометея, разбив своей палицей его оковы и вырвав из груди стальное острие, которым титан был пригвожден к скале. И уж если сравнивать атом с кем-то из мифических героев, то разве не Геркулесом суждено ему быть? Геркулесом, который прибегал к своей могучей палице, только когда уничтожал злых чудищ. Геркулесом, который совершил столько подвигов во имя человека. Разве советский атом не начал эру мирной ядерной энергетики?

...В Олимпии на высоком подножии стоял многоколонный беломраморный храм. А внутри находилась

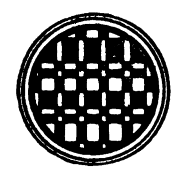
статуя высотой 17 метров, изваянная Фидием — величайшим скульптором Древней Греции. Она изображала величественного старца с посохом в руке, сидящего на троне, — громовержца Зевса, царя всех богов и людей. Того самого, кто в ярости так жестоко отомстил Прометею, похитившему у неба огонь, чтобы передать его людям. Того самого, кто каждый день посылал своего орла выклевывать печень непокорному титану, — изображение жестокой птицы красовалось на рукояти Зевсова жезла. Одним из семи чудес света прослыла огромная фигура бога.

А небольшая статуя Геркулеса, созданная Лисиппом, не была чудом света. Но так уж получилось, что каменный громовержец погиб при пожаре. Творение же Лисиппа сохранилось до наших дней.

Атом достоин стать новым чудом света, но ему не подходит судьба громовержца. Ему не нужна гневная эпитафия истории на обломках новых Хиросим, среди новых чудовищных гекатомб. Неисчерпаемый, он должен принести и принесет прогресс, счастье, мир. В этом убеждены советские люди, строящие коммунизм. Мы знаем: Прометей будет раскован, если широко распахнуть двери перед дружелюбной силой новоявленного Геркулеса — самой революционной, по выражению Эйнштейна, за все время с тех пор, как человечество овладело огнем.



Глава четвертая



ПРИГЛАШЕНИЕ В ПРЕИСПОДНЮЮ

...Подчинить себе весь атом, подчинить его своей воле, воле торжествующего человека, превращающего все грозные и вредные силы природы в полезные. Мы хотим всю природу, всю менделеевскую таблицу элементов положить к ногам трудящегося человечества... Вот смысл и задача нашей работы.

А. Е. Ферсман

28 марта 1964 года заходила ходуном почва Аляски. На месте города Анкориджа остались руины, оползни да огромные трещины-рвы, зияющие в искореженном асфальте. Десятиметровые водяные валы, вздыбленные над морской гладью подземными толчками, со скоростью реактивного самолета ринулись на тихоокеанское побережье США, сокрушая порты...

У всех свежа в памяти и ташкентская катастрофа, разразившаяся в 1966 году. А марокканская? А чилийская? А югославская? За последние сто лет от землетрясений погибло свыше полумиллиона человек.

На посетителей Третьяковки неизгладимое впечатление производит картина К. П. Брюллова «Последний день Помпеи». Три древних города были погребены под толстым слоем пепла, когда в 79 году нашей эры Везувий внезапно пробудился от многовекового летаргического сна и, подняв к небу огромный ядовитый султан, низринул на окружающие се-

ления потоки лавы, град камней, тучи дыма и пыли. История знает и более грандиозные извержения.

Не умея объяснить слепую жестокость природы, люди усматривали в этом сознательное злое начало, мстительную игру разгневанных сверхъестественных сил. Непостижимое облекалось в плоть и кровь религиозных образов.

Один из мифов гласит: при дележе вселенной между богами подводное царство досталось Нептуну, подземное — Плутону. У входа в свои владения сумрачный хозяин преисподней поставил Цербера, громадного трехглавого пса. Свирепому стражу вменялось в обязанность охранять от простых смертных тайны обиталища теней. И все же нашелся смельчак — им оказался не кто иной, как Геркулес, — который укротил страшное чудовище и даже вступил в единоборство с самим Плутоном.

В этой легенде явно сквозят мечты о покорении могущественных земных стихий.

Минули тысячелетия. Миллионоверстые трассы проложены межпланетными кораблями, давно уже шагнувшими из преддверия вселенной в ее заповедные звездные края. А как глубоко проникли созданные людьми зонды в не менее загадочный мир, что лежит у нас прямо под ногами? Максимум на семь-восемь километров! «Далекое космическое пространство известно нам в некоторых отношениях даже лучше, чем недра Земли», — свидетельствует В. В. Белоусов, председатель Междуведомственного геофизического комитета при Президиуме АН СССР.

Между тем, витая в облаках, обживая небо, человек все еще подобен легендарному Антею, который быстро слабел, оторвавшись от своей матери Геи, зато тотчас восстанавливал силы, как только вновь прикасался к ней, к той самой богине, чье имя слышится в слове «геология».

Мрачное царство Плутона не только средоточие разрушительных стихий. Это вместилище минеральных и органических ресурсов, жизненно важных для общества, для техники. Без них мертвы химия, металлургия, энергетика. Без топлива не запустить ни ра-

кету, ни ядерный реактор, без сплавов и пластмасс они вообще не появятся на свет. И если узбекская столица в короткий срок залечила тяжелые раны, нанесенные ей неожиданным буйством природы, и становится еще краше, чем раньше, то своим возрождением она в немалой степени обязана щедрым дарам Земли, без которых не появилась бы столь мощная строительная индустрия, как у нас.

Век каменный. Золотой. Бронзовый. Железный. Век стали и полимеров. Целые эпохи названы именем материалов, определивших технический уровень той или иной цивилизации!

Со временем, когда верхние, наиболее доступные этажи природной кладовой оказались опустошенными, добытчикам ничего не осталось, как взяться за нижние. Только вот где они, эти «подвалы»?

Шарить вслепую? Геология не могла позволить себе столь дорогостоящую роскошь, не имела на нее права. А чтобы исследовать методично, планомерно, целеустремленно, требовался теоретический компас. Такая теория, разъясняет член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов, должна базироваться на знании условий, при которых возникают месторождения. Многие полезные ископаемые, например руды металлов, кристаллизуются либо непосредственно из расплавленной магмы, застывающей в земных глубинах, либо из ее «выделений» — паров или же горячих водных растворов, устремляющихся вверх по трещинам и разломам.

Но те же или приблизительно те же физико-химические процессы протекают и при вулканических извержениях!

Исследования по современному вулканизму начались у нас и получили глубокое развитие исключительно в советский период — главным образом в работах А. Н. Заварицкого, В. И. Влодавца и других наших ученых. На Камчатке создан специальный Институт вулканологии. В 1957 году издан каталог действующих вулканов СССР.

В советские же годы организована единая сеть сейсмических станций, составлена карта, где отраже-

на наиболее вероятная сила землетрясений, возможных в той или иной области Союза. Она выявила «подозрительные» зоны, где должно вестись особое антисейсмическое строительство и где геофизики обязаны быть всегда начеку.

На образование и накопление ценных минералов влияет и движение земных пластов, которые могут, скажем, медленно-медленно подниматься или, наоборот, опускаться, коробясь, сминаясь, даже лопаясь, будто вспарываясь по шву. Это основной вид смещений; впервые он во всех подробностях изучен В. В. Белоусовым. В своих исследованиях Владимир Владимирович прибегал и к моделям — в его лаборатории имитировалось, например, возникновение складок и разрывов в коре. Оказывается, массивные глыбы, разделенные трещинами, ведут себя подобно клавишам рояля: одна вздымается, другая погружается, третья остается на месте; сморщивание же обусловлено неторопливым оплыванием гигантской «клавиши» под действием тяготения, сползанием ее «крыши» на соседнюю, более низкую. Так вот: при тех же обстоятельствах, но уже в естественных условиях, в натуральных земных толщах нередко появляются трещины, способные стать удобными резервуарами для приема и хранения нефти, газа, руд.

Нет, горы, равнины, водные бассейны, подстилающие их породы не мертвы! Они живут, прогибаясь под собственной тяжестью, вспучиваясь буграми от неимоверного сжатия, раскалываясь и трепеща в чудовищных спазмах...

Но ведь те же или приблизительно те же тектонические процессы привели к ташкентской драме!

Сказанное не столько иллюстрирует тривиальную мудрость: мол, добрые и злые начала в природе слились нераздельно, — сколько подчеркивает тесную связь, взаимозависимость разнородных, казалось бы, самых несхожих явлений, с какими имеет дело геономия — так В. В. Белоусов впервые предложил назвать весь комплекс современных наук о Земле. И это не просто новая вывеска над старыми исследовательскими цехами. Это призыв к сплочению под общим зна-

менем, к выработке единой стратегии, к координации разрозненных усилий в международных масштабах; к более тесному взаимодействию на стыках и флангах всех фронтов — математического, физического, химического, биологического, палеонтологического, даже астрономического — в рамках геономических программ; к перевооружению на основе электронно-вычислительной, радиолокационной, ядерной, ракетной, авиационной, морской (надводной и подводной) техники...

Ну, а поиск полезных ископаемых? Он тоже превратился в сложную научную проблему. В ее решении, помимо геологии, участвуют многие иные области знаний, прежде всего геофизика и геохимия.

Видеть сквозь землю?

Именно геофизические приемы позволяют заглянуть на такую глубину, которая недосягаема для других способов. Наиболее важный из них — сейсмический. Его основоположник — академик Борис Борисович Голицын. Он не только создал теоретическую базу сейсмологии (от греческого слова, означающего «землетрясение»). Сконструированный им электродинамический сейсмограф гораздо более чутко, чем любой из прежних, механических, реагировал на малейшие содрогания почвы. Голицынское изобретение, вошедшее в исследовательскую практику в начале XX века, открыло перед геофизикой новые возможности, привело ко многим замечательным находкам.

В 1909 году серб Андрие Мохоровичич обнаружил, что колебания, вызванные землетрясением на Балканах, распространяются в веществе нашей планеты с неодинаковой скоростью. Было похоже, что они преломляются и отражаются на глубине в несколько десятков километров. Значит, ниже этого уровня вещество Земли имеет иные свойства, чем выше его? Позднее другие исследователи подтвердили: да, подобные скачкообразные изменения наблюдаются повсеместно, а не только «под звездами балканскими». Так в геофизический лексикон вошло понятие «гра-

ница Мохоровичича». Выше «раздела Мохо» (некоторую фамильярность такого терминологического варианта искупает его краткость) находится земная кора, а ниже расположен намного более мощный, толщиной около 3000 километров, сферический слой, названный мантией, — он окутывает собою ядро под стать яичному белку, охватывающему желток (кстати, такая аналогия дает некоторое представление об относительных размерах земной сердцевины и ее оболочки). В тех же масштабах кора оказалась бы гораздо тоньше скорлупы.

Сейсмограф стал эффективнейшим дальнобойным орудием в руках геофизиков. Именно он рассказал о том, что существует земное ядро и, более того, что в нем заключено второе, внутреннее; что мантия тоже неоднородна и разделена на слои (один из них назван именем Голицына). Что касается коры, то детальное изучение ее структуры оказалось возможным лишь после того, как родилось — опять-таки в нашей стране! — глубинное сейсмическое зондирование. Его методику разработал академик Г. А. Гамбурцев. Состоит она вот в чем.

Проводится взрыв, имитирующий землетрясение. Волны же, вызванные им, регистрируются не одиночными приборами, а целой их системой. В нее входят десятки чувствительнейших приемников, расположенных недалеко друг от друга; причем самописцы, соединенные с ними, вычерчивают каждый свою зигзагообразную линию не порознь, а на одной общей ленте — параллельными рядами. При такой «фронтальной инспекции» прослеживаются более тонкие особенности и различия в свойствах пластов. Случайные же отклонения — «шумы», которые на одиночной сейсмограмме легко посчитать за сигналы, несущие какой-то определенный смысл, — здесь, при сравнении с соседними кривыми, сразу же бросаются в глаза и никого уже не вводят в заблуждение. Точность измерений и их анализа возрастает. Гамбурцевский метод быстро завоевал мировую известность. А исследования, выполненные с его помощью у нас в Казахстане, Средней Азии, на Кавказе, на Дальнем Востоке, на

Русской платформе, по словам В. В. Белоусова, «положили начало реальному пониманию глубинного строения земной коры».

Сейчас 60 процентов всего объема геофизических работ падает на долю сейсморазведки. Применяются главным образом две ее разновидности. Первая регистрирует волны, преломленные в слоистой неоднородной среде; другая — отраженные, отхлынувшие от каждой границы раздела (они зачастую слабее, тем не менее четко прорисовывают разрез участка, «прощупываемого» искусственным землетрясением). Основным является скорее второй вариант. Патент на него — на «способ акустического исследования земных напластований путем звуковых отражений» — получен еще в 1923 году советским ученым В. С. Воюцким. Правда, в то время американцы, как недавно выяснилось, тоже приступили к аналогичным полевым экспериментам со взрывами, но они прослушивали не отраженные, а преломленные колебания. Фирмы соблюдали строжайшую конспирацию, стремясь не выдать своего секрета. Между тем в далекой России уже овладевали другим, весьма эффективным приемом.

В 1962 году сейсморазведку применяли у нас 850 из 1200 геологических партий, занятых поисками нефти и газа. Сегодня в стране вместе с сейсмографами насчитывается 15 тысяч всевозможных геофизических приборов.

Геофизика располагает и многими иными методами, но все они косвенные. А хотелось бы непосредственно увидеть, потрогать, что ли, проанализировать само глубинное вещество, извлеченное с разных горизонтов, особенно из-под уровня Мохо.

Впрочем, постойте-ка... Разве вулканический прах, захоронивший Помпею, не дает представления о том, чем «вымощен ад»? Разве величественный султан Везувия не «исчадие ада», которое легко подвергнуть лабораторной экспертизе? Эти выбросы, пройдя через горнило физико-химических превращений, становятся уже далеко не теми, какими они были там, внизу, в раскаленном чреве горы.

Реки лавы, вытекающие из вулканических жерл,

вроде бы наталкивают на мысль, что материки, как и океанические котловины, подобны плотам, плавающим на море расплавленной магмы. Ведь там, откуда изрыгаются огненные потоки, сущее «адское пекло»: верхняя часть мантии раскалена до 1000—1500 градусов, а нижняя, на границе с ядром, — до 3000—4000! При такой температуре силикатные породы, из которых, по-видимому, сложена оболочка, должны перейти в жидкое, легко подвижное, текучее состояние. Однако сейсмологи готовы засвидетельствовать хоть под присягой: «расплав» тверже камня! По жесткости он не уступит лучшей булатной стали.

Быть может, вещество, стиснутое давлением в тысячи и миллионы атмосфер, господствующим там, приобретает какие-то необычные пластические свойства? На сей счет имеется немало мнений и сомнений. А ведь именно там, в подкоровой зоне, идет борьба титанических сил, способных в мгновение ока превратить покой мирного селения в кошмар Помпеи или Анкориджа...

Не меньше загадок хранит в себе ядро нашей планеты. Какое оно? Жидкое или твердое? Железоникелевое или иное? Не исключено, что само понятие химического элемента в условиях чудовищного сжатия не поддается традиционной трактовке. По гипотезе члена-корреспондента АН СССР А. Ф. Капустинского, в сильно сдавленных атомах электронные облака деформируются, вырождаются, искажая первозданную картину, соответствующую менделеевской таблице. Да что ядро? Даже кора — во всяком случае, ее нижние ярусы — все еще окутана тайной.

Где же он, Геркулес, который сразился бы с Плутоном?

Шесть шагов в царство Плутона

В 1960 году президент Международного геодезического и геофизического союза В. В. Белоусов на конференции в Хельсинки выдвинул на обсуждение комплексную исследовательскую программу, рассчи-

танную на сотрудничество многих стран, — «Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры». В осуществлении глобального проекта участвуют СССР, ГДР, Чехословакия, США, Япония — всего свыше 60 государств.

25 августа 1961 года на расширенном заседании коллегии Министерства геологии и охраны недр СССР были рассмотрены предложения ученых о закладке пяти уникальных, беспрецедентных в мировой практике буровых скважин, глубиной до 15 километров каждая. Вот уж буквально семимильные шаги в царство Плутона! Пункты выбраны — в Карелии, Азербайджане, северном Прикаспии, на Урале, на Курилах — с таким расчетом, чтобы по пяти характерным разрезам получить наиболее полную информацию о составе и структуре всей земной коры.

Наружная пленка планеты, облекающая мантию, выглядит как слоеный пирог. Снизу — плотный базальтовый ковер. На нем покоится толща более легких гранитов и им подобных образований. А она, в свою очередь, прикрыта сверху рыхлым чехлом осадочных пород — глин, песчаников, известняков, сланцев. Правда, профиль такого «наполеона» не везде трехступенчатый. Граниты, гнейсы и их сородичи, составляющие от половины до трех четвертей континентальных массивов, кое-где (в Карелии, например) выглядывают прямо на поверхность через обширные прорехи в мягком покрове; зато под океаном они отсутствуют вообще: дно там повсюду двойное (осадки и под ними базальт), а не тройное.

Осадочный пласт напоминает губку, насыщенную земными дарами. В том месте, где он особенно мощен, его и пронижет насквозь одна из скважин. Геологи смогут разведать новые, пока еще недоступные скопления нефти, установить нижние пределы их распространения, выяснить, как образуется жидкое топливо: из минеральных ли веществ — карбидов, воды (точка зрения Д. И. Менделеева) или же из органических остатков (гипотеза М. В. Ломоносова).

Другой бур просверлит карельские граниты — древнейшие в нашей стране, принесет новые сведения

об их образовании и эволюции, об их физико-химическом перерождении в гнейсы и, наоборот, о гранитизации различных пород, не исключая осадочных. «Проблема гранитизации, — считал член-корреспондент АН СССР А. А. Сауков, — одна из наиболее интересных и практически важных в геологии; в последние годы она особенно усиленно обсуждается. Ведь с гранитом связаны своим происхождением многие ценные полезные ископаемые, в том числе драгоценные камни — изумруды, сапфиры и другие; слюды, керамическое сырье, олово, вольфрам, молибден и так далее».

Третий бур пронзит дряхлый Уральский кряж до самых его корней, поведает еще неслыханные сказы о его богатейших «малахитовых шкатулках», о кладовых, опекаемых бажовской Хозяйкой Медной горы. Короче говоря, у каждого из пяти маршрутов своя программа — неповторимая, одинаково обширная и захватывающая. Но, пожалуй, особенно интересна она у броска к таинственной мантии. На берегу моря базальтовая подстилка расположена гораздо ближе к дневной поверхности, нежели в иных точках суши; в нее-то и вгрызается бурильное долото своими алмазными челюстями, шаг за шагом подбираясь к рубежу Мохо. Достигнет ли оно заветного Рубикона? Успех зависит главным образом от того, насколько велико расстояние до «финишной ленточки», а оно вполне может оказаться чересчур большим. Между тем каждый лишний километр дается с боем. Нелегко пробиваться через крепчайшие скальные баррикады. Царство Плутона стерегут надежные Церберы: давления в сотни и тысячи атмосфер, температуры в сотни градусов — в таких условиях даже почвенная влага, очутись она в скважине, моментально обратится в пар, взорвавшись, будто бомба.

Разумеется, советская техника не раз справлялась с ответственнейшими задачами. Наши машины заслужили добрую славу во всем мире (не далее как в 1956 году США и ФРГ закупили советские патенты на конструкции турбобуров). Но сейчас предстоит преодолеть трудности особого рода. Обычная буровая

колонна, свинченная из сотен труб одинакового диаметра, даже если она изготовлена из лучшей стали, при длине свыше 10 километров лопнет, не выдержав собственного веса. Если же верхние цилиндричесиие звенья сделать толще нижних, то установка выдюжит, однако она будет настолько тяжелой, что для нее придется придумывать особые подъемники. Можно, правда, использовать трубы из титана. При той же прочности они гораздо легче стальных. Мало того: с их помощью удалось бы добраться до большей глубины — в целых восемнадцать километров! Увы, металл этот пока еще дороговат. Нужны новые материалы, новые конструкции, новые технологические приемы.

Проблема грандиозна — под стать запуску космических зондов. Ею заняты у нас десятки научных учреждений.

Океаническая кора намного, местами чуть ли не в десять раз, тоньше, чем материковая, и в отдельных районах имеет пятикилометровую толщину — всего-навсего. Правда, до самого дна еще несколько километров воды, но ведь Нептуново царство в отличие от Плутонова не оказывает никакого сопротивления породоразрушающему инструменту!

Именно такой вариант прорыва к границе Мохо предпочли ученые США. Они превратили бывшую военную баржу в специальную плавучую платформу «Кусс I», смонтировав на ней буровой агрегат. Вскоре они сумели проделать в мягких донных отложениях вертикальную дырку глубиной около 200 метров, дойти до базальтовой подстилки и даже высверлить из нее керн — столбик породы. Один из образцов, добытых в апреле 1961 года у западного побережья Мексики, прислан в Академию наук СССР.

Пробные вылазки «Кусса I» рассматривались поначалу как генеральная репетиция перед скорой премьерой — после них намечалось сконструировать усовершенствованное судно «Кусс II» с мощным, высокоскоростным турбобуром, которому по зубам неподатливый, даром что последний, заслон на пути к мантии, к такой, казалось бы, близкой — рукой подать!

Но в 1966 году американские журналы сообщили, что из-за технических трудностей осуществление проекта «Мохол» (гибрид имени Мохоровичича и английского слова «хол» — «скважина») откладывается на неопределенный срок. Если же конечная цель и будет со временем достигнута, то результаты этой сверхтрудной затеи ответят лишь на часть вопросов: ведь океаническое ложе лишено гранитного массива! Проходку всех слоев обеспечит именно континентальное бурение.

Американская программа, бесспорно, по-своему интересна, но только в сочетании с советской она сможет нарисовать наиболее полную картину.

Одна из проблем, стоящих перед «Мохолом», — выбрать самую мелкую, самую тихую «заводь», где базальтовая перегородка была бы к тому же самой тонкой. А как сыскать ее на бескрайней шири Тихого океана, которую облюбовали американцы для своих экспериментов?

«Дно морей земных мы знаем хуже, чем поверхность лунных» — эту крылатую фразу, сказанную пятнадцать лет назад Ф. Шепардом в книге «Геология моря», недавно повторил в Москве на II Международном океанографическом конгрессе участник экспедиции «Кусса I» доктор Роджер Ревелл, директор Океанографического института Скриппса (США).

«Дно океана становится видимым», — заявил в 1966 году академик Д. И. Щербаков корреспонденту советского популярного журнала «Наука и жизнь». Дмитрий Иванович говорил о совершенно новой, первой в мире карте, изображающей рельеф тихоокеанского ложа, которая составлена у нас, в Институте океанологии АН СССР, коллективом молодых ученых во главе с геологом Глебом Борисовичем Удинцевым.

Садко в гостях у Нептуна

Даже при беглом взгляде на обычную физическую карту сразу же бросается в глаза контраст в изображении суши и моря.

Голубые пятна огромных, чуть ли не с Европу, акваторий изрезаны отнюдь не по-европейски: они уныло однородны, будто изображают не дно с его вычурным рельефом, а гладкую крышку стола! Да и окантовывающие их тонкие линии, проходящие по отметкам одинаковых глубин, — изобаты менее узорчаты, примитивней по конфигурации, нежели аналогичные горизонтали (изогипсы), которыми соединяются пункты равных высот на континентах и островах.

Простота эта, несомненно, иллюзорная. Она не соответствует реальной, куда более сложной действительности. Оно и понятно: «геодезическая съемка» местности, скрытой под толщей воды, ведется вслепую, с помощью эхолотов, причем не где и когда угодно, а лишь вдоль корабельных трасс, к тому же специальными экспедициями. Там же, где нет промеров, пробелы восполняются путем геометрической интерполяции: по нескольким редким точкам проводят плавную непрерывную кривую, догадываясь иной раз, как она должна идти в промежутках. Такой подход к построению карт основан на допущении: поверхность дна между отдельными ее отметками изменяется равномерно. Однако недавние исследования опровергли это широко распространенное мнение. О том, что оно ложно, еще раньше знал и говорил контр-адмирал советского флота профессор В. А. Снежинский. Он убеждал в необходимости использовать дополнительную информацию — геологическую, геофизическую, океанографическую. Идеи Снежинского нашли свое блистательное развитие и воплощение в работах Г. Б. Удинцева и его группы.

С почти фанатичной тщательностью эти люди годами собирали по крупицам материалы всех отечественных и зарубежных экспедиций за последние сто лет, изучили сотни эхограмм, донных профилей, содержащих миллионы, десятки миллионов глубиномерных отметок. Самые достоверные из них густой россыпью крапинок нанесены на акваторию Тихого океана. Уже один этот титанический труд, сконденсировавший разрозненные сведения, принес бы свои плоды, уточнив и дополнив каталог знаний о крупней-

шем водохранилище нашей планеты. Но главная заслуга авторов в другом — в качественно иной интерпретации их замечательной «коллекции». Они не ограничились данными эхолотного зондирования, достаточными для геометрической интерполяции; они привлекли всю сумму современных представлений о строении земной коры, прежде всего океанического ложа и примыкающей береговой каймы, о свойствах осадочных пород, о процессах в недрах дна, о различных тектонических явлениях в морских пучинах. Специальные многомесячные рейсы «Витязя», «Оби», других судов выявили типичность отдельных районов огромного бассейна, которые при всем их своеобразии можно было бы принять за эталон при геоморфологической интерполяции. Уникальная аппаратура, сконструированная сотрудником того же института, Н. Л. Зенкевичем, для съемок в условиях «вечной ночи», на многочисленных портретах запечатлела земной лик, искони прятавшийся под волнами, и помогла ученым как бы прозреть, увидеть, наконец, то, что скрывается за невыразительной аквамариновой пеленой географических атласов.

Анализ этих разносторонних характеристик во всей их совокупности позволил надежно определить наиболее вероятное направление хода и очертание изобат; не механически, по лекалу, а со знанием деталей заполнить «вакуум неизвестности». Подводный ландшафт действительно оказался не менее сложным, чем «сухопутный».

«Это самая лучшая и исключительно полезная карта, и я постараюсь сделать ее доступной для всех заинтересованных в ней ученых» — такой отзыв поступил из-за рубежа от Дж. Ходжсона, возглавляющего ассоциацию сейсмологии Международного геодезического и геофизического союза.

Профессор морской геологии Скриппсовского океанографического института Р. Фишер заявил: «Это подлинный вклад в развитие исследований Тихого океана и дружеский шаг со стороны советских ученых, сделавших свои результаты общим достоянием».

Вот те, кому адресованы многочисленные востор-

женные отклики специалистов: Г. Б. Удинцев, В. Ф. Канаев, Н. Л. Зенкевич, Л. Я. Буданова, Н. А. Марова, Г. В. Агапова, Л. К. Затонский (Институт океанологии АН СССР). А недавно советскими учеными созданы карты дна Атлантического и Индийского океанов.

На страницах популярных журналов уже запестрело удивительное зрелище обнаженной планеты. Как будто сказочный исполин сбросил с нее жидкий балахон. И сразу же изумленному читательскому взору представилась фантастическая картина, не менее впечатляющая, чем лунный глобус. Вместо зеркальной глади — недвижная зыбь холмистых равнин. Глубокие шрамы крутостенных ущелий — «желобов», их всего тридцать, из них три впервые открыты нашими учеными. Как на ладони, видна горная цепь с шипами пиков, опоясывающая Землю через все ее акватории (в «сухом варианте» они превратились в территории) и по протяженности (60 тысяч километров!) затыкающая «за этот пояс» Анды с Кордильерами и Гималаи с Тянь-Шанем в придачу. Вот и хребет Ломоносова, идущий через Северный полюс и связывающий Азию с Америкой, рядом хребет Менделеева — крупнейшие географические открытия XX века, сделанные советскими учеными. А здесь, на Гавайских островах, где американцы планируют осуществить проект «Мохол», расположен грандиознейший скальный конус, который посрамит даже Чомолунгму (Эверест)! Да, потухший вулкан Мауна-Кеа, едва выставляющий свое остроконечное темя над «мокрой» планетой, теперь, если считать от подошвы до «шапки», почти на целый километр выше, чем поставленный с ним «на одну доску» самый долговязый конек «крыши мира» — Гималаев...

Впрочем, не будем лишать планету круто посоленного «бульона», которому мы, люди, как и прочие живые создания, обязаны своим появлением на свет и который кормит нас, поит, хотя иногда, разволновавшись, и сам заглатывает кое-кого из представителей сухопутной фауны.

Шутки шутками, а океан не только отгораживает

человека от своего дна, откуда всего шаг до мантии и где у самой поверхности немало полезных ископаемых; он связывает континенты; он становится уже сегодня и в еще большей степени будет завтра источником пищи, пресной воды, промышленного и энергетического сырья.

В 1964 году Ленинской премией отмечена книга В. П. Зенковича «Основы учения о развитии морских берегов», о которой один берлинский журнал отозвался так: «Исходя из принципиально новой постановки вопроса, на основе громадного материала наблюдений Зенкович создал гармоническую теорию... Требовалась незаурядная энергия и творческая смелость, чтобы преодолеть мертвую точку, на которой застыли исследования берегов после выхода в свет монографии Джонсона (имеется в виду труд американца Д. Джонсона «Береговые процессы»), пересмотреть устаревшие взгляды, внедрить новую методику и технику, дать решение проблем, которые еще недавно не были даже сформулированы...»

Именно у нас впервые составлены карты количественного распределения жизни не только в отечественных морях, но также в водах Антарктики, Тихого и Индийского океанов. «Наиболее блестящая страница нашей океанологии» — так охарактеризовал эти исследования А. П. Виноградов, академик-секретарь отделения наук о Земле.

Французский океанографический институт свою высшую награду — медаль Альберта Монакского — присудил члену-корреспонденту АН СССР Л. А. Зенкевичу (труд того же автора «Биология морей СССР» удостоен Ленинской премии). Таких примеров можно привести немало. Но и сказанного достаточно, чтобы получить некоторое представление о том, в каких масштабах изучают наши исследователи голубую целину — богатейший, перспективнейший край!

И в освоении этих ресурсов, в борьбе с непокорной стихией, как и в дальнейших бросках к разделу Мохо, сыграют далеко не последнюю роль советские карты подводного царства. «Они помогут геологам открывать залежи полезных ископаемых, — говорил

академик Д. И. Щербаков, — а мореплавателям... более точно и просто определять свое местонахождение в открытом океане, рыбакам находить скопления донных рыб (определенные породы рыб, как правило, придерживаются определенных форм рельефа). Благодаря новым картам мы делаем важный шаг к началу решения эпохальной научной задачи — проникновению в «антикосмос» — глубинные слои нашей планеты, поскольку становятся видимыми ближайшие пути к лежащей под земной корой таинственной верхней мантии».

Недавно флагман нашей океанографической армады «Витязь» в осуществление «Проекта верхней мантии» обследовал подводный Срединно-Индоокеанский хребет. И обнаружил на стенках его ущелий обнажения ультраосновных пород — тех самых, из которых сложена загадочная твердь по ту сторону разрыва Мохо! Образцы, извлеченные «Витязем», подверглись анализу. Да, они оказались эмигрантами из подкорковой зоны. Исторгнутые оттуда, они внедрились в вышележащий пласт и даже выглянули кое-где наружу. Однако, испытывая многолетнее воздействие новой окружающей среды, они, видимо, претерпели радикальные физико-химические изменения. Можно ли этих «отщепенцев» признать «полномочными представителями» того удивительного, еще никем не виданного вещества? Или же они переродились, утратили его характерные черты? Ответ принесет сверхглубинное бурение. Оно позволит заполнить «немую карту» — анатомическую схему земной коры и верхней мантии, нарисованную сейсмологами, внести в нее, пока еще «бесплотную», точные сведения о минеральном составе слоев.

Часы-обогреватели и печи-ходики

Древние мифотворцы послали Геркулеса к вратам преисподней, наделив его предварительно нечеловеческой силой и смелостью. Персонажи более свежих фантастических произведений, наведываясь в гости

к Плутону на борту геобатискафов, тоже отличались незаурядной отвагой; бицепсы же супермена им были ни к чему: могучие корабли-кроты под командованием своих капитанов легко выполняли самую тяжелую физическую работу.

Ученые нашего времени думают о создании такой машины, которая сама, без людей, но, понятно, по их директивам, под их контролем сверху, отправится на разведку подземного мира. Сердцем мощного и умного агрегата явится ядерный реактор. Раскаленный до тысячи градусов или более, он будет проплавлять горные породы и продавливать их собственной тяжестью, оставляя над собой колодец-шурф. Погружаясь все глубже и глубже, такой автономный атомный снаряд рано или поздно «прожжет» и базальтовую броню, которой забаррикадирована мантия. А потом? Потом, видимо, продолжит экспедицию к ядру планеты, посылая отчеты в виде сигналов, как автоматическая станция «Луна» или «Марс».

Вот он, спутник антикосмоса, геобатискаф фантастов, Геркулес эллинских легенд, который сразится с Плутоном во всеоружии современной техники! Утопия?

Проникновение в недра атома открыло новые возможности и перспективы в покорении недр земных. В главе «Демобилизованный Геркулес» рассказывалось о ядернофизическом каротаже. По излучению естественных радиоизотопов, которое одними горными породами испускается, а другими задерживается, также отыскиваются полезные ископаемые, зачастую прямо с борта самолета. Добавляя к песку, глине, граниту меченые атомы, упрятанные в стеклянную пудру, определяют, как быстро размывается морской берег или возникают наносы в дельтах рек.

Еще в 1902 году Пьер Кюри подал мысль: скопище радиоизотопов, вкрапленных в камень и распадающихся с постоянной скоростью, может служить точным «хронометром», запущенным природой миллионы лет назад и теперь показывающим, как стар этот минерал. Но чтобы отладить механизм таких «часов», понадобились напряженные творческие усилия многих

ученых, в том числе советских: В. И. Вернадского, В. Г. Хлопина, И. Е. Старика, Э. К. Герлинга, К. А. Ненадкевича и других.

Математический закон радиоактивного распада установлен Э. Резерфордом и Ф. Содди в том же 1902 году. Он описывается одной общей формулой, но в каждом конкретном случае в нее вводятся свои коэффициенты, характерные для данного элемента. Например, количество урана-238, заключенное в глыбе гранита, убывает ровно наполовину через каждые четыре с половиной миллиарда лет, а урана-235 — через 710 миллионов лет. Зато параллельно в результате того же процесса рождается гелий (альфа-частицы). И еще свинец — конечный продукт превращения. Измерив, сколько к настоящему моменту накопилось дочернего вещества и сколько еще осталось нераспавшегося материнского, легко подсчитать, когда образовалась порода — допустим, когда она выкристаллизовалась из магматического расплава (если, разумеется, с тех пор она больше не подвергалась столь же сильному физико-химическому воздействию окружающей среды, не упускала своих компонентов наружу и не обогащалась ими извне).

В 1962 году доктору химических наук Э. К. Герлингу и академику А. А. Полканову присуждена Ленинская премия за пополнение геохронологического арсенала еще одним, весьма эффективным орудием анализа. В чем его суть?

У калия, а он распространеннее урана, есть изотоп с массовым числом сорок. С периодом полураспада 1 миллиард 300 миллионов лет он превращается в аргон-40 — в инертный газ, который застревает в кристаллической решетке гораздо прочнее, чем гелий. Обладая такими преимуществами, аргоновый способ не уступает в точности ни гелиевому, ни даже свинцовому, считавшемуся самым надежным.

Сейчас в СССР имеется свыше тридцати лабораторий, которые заполняют графу «возраст» в анкете горных пород и метеоритов. Своими точными данными они помогают выявлять эпохи наиболее интенсив-

ного рудообразования, а затем искать полезные ископаемые в тех районах, где часто попадаются минералы, родословная которых восходит к тому же времени. Известны, например, крупные полиметаллические месторождения редких элементов, приуроченные к слоям вполне определенной давности. Аналогичные методы несколько лет назад помогли геофизикам найти и новые залежи нефти в Башкирии.

Весной 1960 года у нас был создан новый масштаб геологического летосчисления, охвативший всю историю Земли. Он называется абсолютным в отличие от относительного, где отражена лишь очередность эр: сначала была архейская, потом протерозойская, палеозойская, мезозойская, наконец, наступила кайнозойская, продолжающаяся сегодня, — и где нет четких однозначных хронологических зарубок на канве времени. Да, геологический «календарь» еще совсем недавно нельзя было назвать «численником» — в нем отсутствовали строго отмеченные знаменательные даты. Атом дал количественную меру последовательности временных отрезков. Теперь мы знаем, что, к примеру, палеозой (эра древней жизни) начался 570 миллионов лет назад и длился 345 миллионов лет. И что его первый период (кембрийский) тянулся 90 миллионов лет, а последний (пермский) — ровно вдвое меньше. Надо сказать, что советский атомный циферблат достовернее и полнее, нежели тот, что предложен английским ученым А. Холмсом в 1947 году. Передвинуты границы эр и периодов, внесены и другие коррективы.

«Результаты измерения возраста подводят прочный фундамент под построения теоретической и практической геологии, — говорил член-корреспондент АН СССР И. Е. Старик, один из пионеров радиогеохронологии, который еще в довоенные годы вместе с академиками В. И. Вернадским и В. Г. Хлопиным работал в составе комиссии по изучению абсолютного возраста минералов и горных пород, организованной в 1932 году. — Сама геология из описательной науки превращается в точную. Этим она обязана

широкому внедрению физических и химических методов».

Удивительные ходики, тикающие внутри холодных и, казалось бы, мертвых камней, — отнюдь не безучастные хроникеры минувшего. Они и среди них прежде всего наши знакомцы — уран, торий, калий-40 — служат вездесущей печкой, прогревающей внутренности Земли. На это обратил внимание еще в 1926 году ирландский ученый Дж. Джоли. Однако более детально проблему радиогенного тепла рассмотрел академик Вернадский. Он пришел к выводу, что энергии, высвобождаемой при радиоактивном распаде, вполне достаточно, чтобы объяснить важнейшие геологические процессы: плавление глубинных пород и превращение их в магму, вулканизм, тектонические движения коры, горообразование, появление океанических чаш и их континентального обрамления.

Одним из первых осознал Вернадский огромное значение радиоизотопов не только в истории планеты, но и общества. В 1922 году, за шестнадцать лет до решающих открытий, положивших начало ядерной энергетике, он произнес пророческие слова: «Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Ученые... должны связать свою работу с лучшей организацией всего человечества».

Еще в 1910 году замечательный ученый пытался привлечь внимание правительства к проблеме радиоактивности, к ее практическому аспекту: «Ни одно государство и общество не может относиться безразлично, как, каким путем, кем и когда будут использованы и изучены находящиеся в его владениях источники лучистой энергии».

Вернадский организовал первые экспедиции для поиска урановых руд и лично принял в них участие.

Царский кабинет «отблагодарил» радетеля отечественной радиохимии. В 1911 году Вернадский вместе с другими жертвами чиновничьего произвола был вынужден покинуть стены Московского университета.

Пробуждение исполина

О чем думал изгнанник, идучи в последний раз по московским мостовым? По мостовым, брусчатку для которых поставляли шведские фирмы? Не о том ли, как убога и как обильна матушка Русь?

Его ждал Петербург, заводы которого, равно как и корабли Балтийской эскадры, жгли в своих топках кардиффский антрацит. «По балтическим волнам» в гости к нам действительно прибывали все флаги: из чужеземных трюмов выгружалось сырье, которое наверняка лежало в достатке где-нибудь тут же, рядом, — в Прибалтике, на Кольском полуострове... Для производства серной кислоты в северную столицу везли серный колчедан из Португалии, полевой шпат для керамической промышленности — из Швеции. Алунд для абразивных предприятий импортировался из Норвегии, гранат — из Америки, корунд — с Анатолийских берегов, карборунд — из Германии...

Но ученый-патриот верил, что рано или поздно страна сумеет «достигнуть того расцвета и той культурной мощи, какие соответствуют как природным богатствам, нам принадлежащим, так и тем неисчерпаемым живым силам, какие таятся в глубинах нашего народа».

Так писал он в записке «О ближайших задачах Комиссии по изучению производительных сил России». В эту комиссию (КЕПС), учрежденную в 1915 году после настойчивых апелляций к тугодумным попечителям российской науки, вошли академики Б. Б. Голицын, Н. С. Курнаков, А. П. Карпинский и другие инициаторы важного дела. Первым председателем ее избрали В. И. Вернадского.

Академик А. Е. Ферсман, активно сотрудничавший

в КЕПС наряду с В. А. Обручевым, Д. Н. Анучиным, Е. С. Федоровым, многими иными, рассказывал, что до Октябрьской революции работа комиссии не могла развернуться. В условиях царизма геология прозябала, деятельность энтузиастов наталкивалась на бесчисленные рогатки. Даже на решение такой исключительно важной проблемы, как освоение вольфрамового месторождения, Академия наук целых два года не могла добиться самых ничтожных ассигнований. Между тем еще в 1913 году русская казна отвалила одним лишь германским банкам 1 миллион 300 тысяч золотых рублей чистоганом за мышьяк, сурьму, висмут, селен, ртуть, другие элементы.

Свергнув в 1917 году самодержавие, народ упразднил частную собственность на землю, объявил содержимое недр общенациональным достоянием. В апреле 1918 года Ленин составил «Набросок плана научно-технических работ», где намечалось «систематическое изучение и обследование производительных сил России», поднимался вопрос об изыскании внутренних сырьевых и топливных ресурсов для промышленности и энергетики. Специальное постановление Совнаркома гарантировало всемерную поддержку академии во всех ее начинаниях, направленных на то, чтобы всколыхнуть огромную, богатейшую страну, дремавшую веками в бездеятельности.

25 января 1922 года Вернадский уже делился с коллегами долгожданной радостью: «Я счастлив сообщить академии, что сотрудникам Радиевого института под руководством В. Г. Хлопина удалось получить из русской руды первые пробы радия».

Наряду с радиевым, платиновым и физико-химическим из КЕПС выделился целый ряд других институтов, среди них географический, почвенный, керамики, а также биогеохимическая лаборатория, которая сейчас превратилась в мощный исследовательский центр — Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского, возглавляемый академиком А. П. Виноградовым.

Советская геохимическая школа, выпестованная В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом, окончательно

сложилась в 30-е годы, но о работах ее представителей мир уже знал гораздо раньше.

«Ведущими властителями научной мысли, положившими начало глубочайшим законам химии Земли, были наш русский академик В. И. Вернадский с его школой и норвежец В. М. Гольдшмидт. На наших глазах выросла биогеохимия. В. И. Вернадский наметил в ней новые звенья между геохимией и медициной, между химией Земли и биологией», — писал академик Ферсман.

«Россия подняла и гордо несет знамя новой науки — геохимии, значение которой еще не осознано», — говорил французский ученый Поль Ланжевен.

Горы и люди

До того как сформировалась биогеохимия, в поле зрения естествоиспытателей находились «главным образом отдельные тела, минералы, горные породы, растения и животные, и явления, отдельные стихии — огонь (вулканизм), вода, земля, воздух, в чем наука и достигла, можно сказать, удивительных результатов, но не их соотношения, не та генетическая, вековечная и всегда закономерная связь... между растительным, животным и минеральным царствами». Так характеризовал предшествующий этап в естествознании Василий Васильевич Докучаев, заложивший фундамент физической географии, создавший учение о взаимозависимости между средой и ее обитателями.

До тех пор, пока биология, геохимия, почвоведение действовали сепаратно, изолированно, от их глаз ускользали тонкие эффекты, вскрытые новой, синтетической дисциплиной, которую создала школа Вернадского — Виноградова.

Вот, например, солнечная Армения — благодатный край! Между тем в некоторых ее районах ненормально часты заболевания подагрой. Что за напасть? Оказывается, поблизости от некоторых рудных месторождений почвы сверх меры обогащаются молибде-

ном, а тот всасывается растениями, попадает в корм скоту. С шашлыком или с помидорами, с «соком кипучим, искрометным» виноградников Аястана или просто водой из-под крана проникает он и в человеческий организм. Собственно, он нам необходим, но в строго определенных, причем ничтожных концентрациях. Здесь же он регулярно поглощается в избытке, вызывая иной раз серьезное недомогание. А ведь речь идет о мизерных, совершенно неощутимых на вкус дополнительных дозах!

Лечение и профилактика подобных эндемических («местных») недугов, а их не так уж и мало, стало возможным благодаря именно биогеохимическим изысканиям. Все шире ассортимент микроудобрений, выпускаемых в СССР. Облагораживающие добавки вносятся и в рацион для скота. Человеческое меню также корректируется, с тем чтобы нейтрализовать зловредный нрав того или иного комплекса природных условий.

Задача значительно облегчилась после того, как у нас составлена карта биогеохимических провинций с их специфическим набором микроэлементов. Над системой такого районирования, осуществленного ныне в масштабах всей страны, много лет трудился профессор В. В. Ковальский. Большой вклад в этот раздел науки внесен латвийскими исследователями, прежде всего видным советским ученым, академиком Я. В. Пейве и действительным членом АН Латвийской ССР Я. М. Берзинем. Первому принадлежат хорошо известные монографии «Биохимия почв», «Микроэлементы и урожай», второму — «Микроэлементы в животноводстве».

В 1964 году Ян Вольдемарович Пейве, Ян Матвеевич Берзинь и Виктор Владиславович Ковальский удостоены Ленинской премии.

«Работы советских ученых вызывают большой интерес за рубежом — в США, ФРГ и особенно в молодых государствах Азии и Африки, которым рано или поздно придется решать задачу интенсификации сельского хозяйства, — заявил в одном из своих интервью Ян Вольдемарович Пейве, возглавляющий

ныне Научный совет по проблемам микроэлементов в растениеводстве и животноводстве. — Мы изучали, например, содержание микроэлементов в почвах Республики Мали по просьбе ее правительства. Доклад о наших исследованиях, сделанный мною на праздновании шестисотлетия Ягеллонского университета в Кракове, тоже привлек внимание многих ученых. Это международное признание лишний раз свидетельствует о том, что мы на правильном пути».

Ветер странствий

Мы оставили следопытов планеты в момент старта, в ту трудную пору, «когда Россия молодая, в бореньях силы напрягая, мужала». Мужала с гением Ленина. Когда создавались первые советские институты и лаборатории, писались первые после революции статьи и книги. Разумеется, наши геологи ни тогда, ни потом не были кабинетными учеными, хотя новое открытие России требовало новой, причем титанической теоретической работы. Они отправлялись в дальние нелегкие походы по бескрайним просторам социалистической Родины, где их ждали воистину несметные богатства, колоссальные неиспользованные резервы, так долго лежавшие под спудом.

Всегда на марше... Эти слова были и остались справедливыми по отношению к советской геологии.

Атомный ледокол «Ленин». Десятки специальных морских судов, среди них первоклассные комфортабельные плавучие лаборатории «И. Курчатов», «М. Ломоносов», «Ю. Шокальский», «А. Воейков», «Н. Зубов», «Н. Книпович», «П. Лебедев», «С. Вавилов», «Витязь», «Обь», единственная в мире немагнитная шхуна «Заря», исследовательская подводная лодка «Северянка». Амфибии, сухопутные вездеходы, обычные автомашины, тракторы, бульдозеры — сегодня их более 60 тысяч. 6000 передвижных электростанций. Самоходные ядерные установки. Сотни самолетов и вертолетов. Космические корабли, геофизические ракеты. В первые послереволюционные

годы о них и мечтать не могли. А было это не так уж и давно — несколько десятилетий назад...

Коняги и ишаки, верблюды и собаки — вот, пожалуй, и весь «таксомоторный парк» тогдашней геологии.

«Мне все чаще приходится иметь дело с нашими учеными, — делился как-то Максим Горький своими впечатлениями с Константином Фединым. — Удивительные люди! По Уралу, в непроходимых горах, бродят — составляют фантастические коллекции драгоценных камней для Академии наук. Месяцами не видят куска хлеба. Спрашивается — чем живы? Охотой живы, как дикари, да-с. И это, знаете ли, не Калифорния, не золотая лихорадка. Бессребреники, а не добытчики в свой сундук. Гордиться надо таким народом... Был у меня профессор Ферсман. Он только что беседовал по прямому проводу с Лениным о делах Комиссии по улучшению быта ученых. Ленин очень отзывчив и готов помогать. Ферсман заверяет: Ленин за интеллигенцию».

И интеллигенция шла за Лениным.

В 1926 году Александр Евгеньевич отправился на Кольский полуостров, где предсказал богатейшие залежи различных минералов и действительно открыл там их десятки, в том числе крупнейшее в мире месторождение апатитов — лучшего сырья для производства суперфосфата. Правда, и тут объявились скептики: мол, толку от этого мало, все равно разоренная Россия не в силах наладить собственный выпуск фосфорных удобрений, так что лучше по-прежнему импортировать их за валюту. «В скором времени, — вещал один из иностранных оракулов, профессор Крюгель, — развеются в дым гордые надежды Советов на независимость от зарубежной фосфатной базы». Зловещие прорицатели явно недооценивали возможностей новой России, они привыкли мерить их по старинке. Советские ученые предложили, а технологи освоили новый способ переработки апатита и его спутника — нефелина (одна из этих работ в 1957 году удостоена Ленинской премии). Кольские

концентраты пользуются сейчас огромным спросом и за границей.

1932-й. Всего 15 лет назад свершилась революция. В Ленинграде выходит книга «Экспедиции Всесоюзной Академии наук 1931 г.» под редакцией академика Ивана Михайловича Губкина. «Ветер странствий» заговорил цифрами, фактами, обобщениями.

Открытия посыпались лавиной. Каменный уголь на Печоре, в низовьях Лены, на Таймыре, на Камчатке... Горючие сланцы под Ленинградом, в Поволжье, Казахстане, Башкирии... Нефть в волго-уральском районе («Второе Баку»), в Узбекистане, Грузии, Чечено-Ингушетии, даже там, где, казалось бы, уже все разведано, — в Азербайджане. Калий под Соликамском, медь, хром, олово, марганец, алюминий, корунд, асбест в Казахстане. Чуть ли не все элементы периодической системы в Средней Азии, хотя еще совсем недавно господствовала догма, будто здесь нет ничего годного для промышленного использования. Золото на Колыме...

Земля пробудилась ото сна.

В 1914 году отечественные запасы ценного сырья были подсчитаны лишь для четырех химических элементов. И еще для шести предполагалось, что их месторождения вроде бы должны встречаться в некоторых районах. Использовала же царская Россия в своей промышленности 14 элементов — недостающие ввозились из-за границы. В 1932 году в ассортименте веществ, извлекаемых из недр СССР, фигурировало 60 наименований. «Мы стоим на пороге полного подчинения нам всех элементов менделеевской таблицы»,— подводил итог А. Е. Ферсман в 1940 году.

«Геологически обследована теперь вся территория Союза, даже полярные острова Северной Земли и Врангеля и высокие нагорья — Памирское и Армянское, — рапортовал юбилейной сессии Академии наук, посвященной 25-летию Октября, Владимир Афанасьевич Обручев, неутомимый искатель, проницательный теоретик. — Советский Союз по обилию и разнообразию полезных ископаемых оказался не уступающим такой крупной и богатой стране, как США, а в не-

которых отношениях даже превосходящим ее... За небольшой период выполнено больше, чем за предшествующие двести лет, с начала исследований при Петре I. Отсталое аграрное государство, вывозившее хлеб, кожи, шерсть, масло и ввозившее машины, металлы и даже уголь, сделалось промышленным, независимым от соседей». И еще: «Если бы Россия осталась монархией или сделалась республикой, но с капиталистическим строем и ее развитие подвигалось бы столь же медленно, как и ранее, — она не выдержала бы нашествия фашистских армий, вооруженных до зубов новейшей техникой. Германия быстро захватила бы всю европейскую часть с Уралом и Кавказом и, используя их естественные ресурсы, поработила бы всю Европу и народы мира... И в далеком будущем историки отметят эти двадцать пять лет существования первого социалистического Советского государства как эпоху особенно быстрого расцвета научных исследований, освобожденных от тормозов и пут старого общества».

Когда был принят наш семилетний план, «Нью-Йорк таймс» устами редактора признавалась, что США чувствуют «дыхание Советского Союза на своих затылках», что русских «отделяют от нас всего лишь два прыжка — они позади нас на какой-нибудь десяток лет в развитии своей производственной мощи».

Прошло всего пять лет, и объем нашей промышленной продукции составил две трети американской, а не половину, как было в 1957 году. Наша страна опередила Соединенные Штаты в добыче железной руды, угля, некоторых других полезных ископаемых; у нас больше производится кокса, цемента, причем темпы прироста у нас выше, чем на Западе. По разведанным запасам угля, нефти, торфа, марганца, меди, цинка, свинца, алюминия, калия СССР занимает первое место в мире.

К началу 1967 года в Советском Союзе выявлено и разведано более 15 тысяч месторождений. На их базе работает свыше 200 крупных горнодобывающих предприятий.

Откуда ты взялась, черная кровь планеты?

Нефть, газ... Еще долго останутся они наряду с углем опорой энергетики, несмотря на бурный прогресс ядерно-силовой техники. И никогда не утратят своего значения как сырье для химической индустрии. Добыча нефти за годы Советской власти возросла у нас в 25 раз, а газа — еще больше: даже по сравнению с 1940 годом — в 50 раз!

За последнюю четверть века преобразилась географическая карта нефтегазовых промыслов. До Великой Отечественной войны она давала в основном уточненные сведения по старым, уже известным месторождениям. Совершенно новым дополнением было лишь «Второе Баку». Но даже здесь, в волго-уральском районе, геологов ждали замечательные открытия, благодаря которым в корне изменилось мнение о перспективах этой провинции. Именно здесь выкачивается сейчас 70 процентов всей советской нефти. Именно отсюда протянулся нефтепровод «Дружба», питающий заводы социалистических стран Европы. Особенно крупными оказались здесь Ромашкинские залежи «жидкого золота» (в Татарии) — уникальные, крупнейшие по запасам не только в СССР, но и, вероятно, во всем мире. Научно обоснована и практически доказана также нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности.

В 1953 году на Оби, под Березовом, где когда-то отбывал ссылку могущественный вельможа Петра I князь Александр Меншиков, загудел первый газовый фонтан. Загудел, подобно стартующей ракете, возвестив пришествие «голубого огня» в поселки и города новой Сибири, к кухонным плитам и к заводским агрегатам. А в 1959 году хлынула мощная струя коричневой маслянистой жидкости из высокодебитной Шаимской скважины.

Все дальше к Тихому океану шагают буровые

вышки. Обозначающие их треугольнички все более густой россыпью ложатся на карту не только Западной, но теперь уже и Восточной Сибири. В 1962 году у села Марково, что в Иркутской области, взметнулся черный гейзер нефти, на сей раз восточно-сибирской. И самое примечательное — кембрийской, — она изливалась из осадочных пород, отложившихся еще в первый период палеозойской эры (весь предшествовавший ему отрезок времени, включающий архейскую и протерозойскую эры, часто называют просто докембрием).

Откуда взяться нефти в кембрийских отложениях? Ведь они возникли в тот период, когда флора и фауна вроде бы находились в зачаточном состоянии, когда жизнь была весьма примитивной, скудной и количественно и качественно. Лишь через десятки и сотни миллионов лет достигла она буйного расцвета, создав благоприятные условия для деятельности той биохимической лаборатории, которая производила жидкое и газообразное горючее. Понятно, почему наибольшее внимание уделялось исследованию кайнозойских отложений. Даже мезозойская нефть явилась для геологов как бы откровением.

Только вот ведь что удивительно: на поверхности Байкала издавна замечали радужные пятна. Нефть! Увы, обнаружить ее поблизости не удавалось, несмотря на все старания. А может быть, она лежит глубже, чем ее искали? Может, она приурочена к кембрию? Такое предположение высказал лет 35 назад Василий Сенюков. Молодого ученого поддержали И. М. Губкин, В. А. Обручев. Сенюков обратился к наркому тяжелой промышленности Серго Орджоникидзе с просьбой выделить для экспедиции буровой станок, хотя во всей стране их насчитывалось примерно два десятка (сегодня их у нас больше 10 тысяч). Агрегатов не хватало для работы на промыслах, не то что для сомнительных экспериментов. Орджоникидзе поверил, выдал средства. Сенюков отправился в Якутию, где, как и у Байкала, чрезвычайно распространены кембрийские пласты. И в 1937 году нашел там то, что искал!

Правда, дебит скважины оказался мизерным — хозяйственного значения он не имел. Скептики торжествовали победу. «В течение тридцати лет, когда на каких-нибудь совещаниях произносили слово «кембрий», — вспоминает профессор В. М. Сенюков, — все оборачивались ко мне с выражением явной иронии. И вот теперь Марково...»

Находка эта имеет не только практическое, но и большое теоретическое значение.

«Преодоление некоторой пессимистической предубежденности о скудости жизнепроявлений в докембрии, чем пестрит геологическая литература, преодоление некоторого психологического барьера, как оказалось, за последние десятилетия принесло местами обильные новые данные, в корне меняющие наши представления», — говорит член-корреспондент АН СССР А. Г. Вологдин.

Происхождение нефти и происхождение жизни на нашей планете... Обе проблемы тесно переплетаются друг с другом. И марковское открытие проливает на них новый свет.

Другой автор, П. Я. Антропов, прослеживая глубокую взаимосвязь между разнородными на первый взгляд явлениями — между зарождением живых существ, с одной стороны, и мертвых минералов — с другой, предлагает отбросить отжившие постулаты и в теории рудообразования: «Получается парадокс: в геологической истории земной коры докембрий занимает 85 процентов всего времени, и этому огромному периоду пытаются приписать исключительно малую роль в образовании месторождений. Практика сняла оковы, которые сдерживали ее размах». Действительно: полезные ископаемые найдены там, где раньше их даже не искали, памятуя о том вето, которое было наложено именем науки.

Дискуссии не утихают, но ведь именно в споре выкристаллизовывается истина! Стоит ли говорить, с каким нетерпением ожидаются результаты глубинного бурения земной коры?

О молотке, компасе и картах

Да, именно практика служит критерием истины, и она нередко вносит существенные поправки в теорию. Но разве не теории обязана она многими своими замечательными достижениями?

Геологу всегда был нужен не только молоток, но и компас.

Констатируя тот факт, что в Сибири и на Дальнем Востоке кое-где уже исчерпаны возможности обнаружить новые руды, размещенные близ поверхности, член-корреспондент АН СССР В. А. Кузнецов отмечает: «Приходится все в большей степени ориентироваться на поиски месторождений закрытого типа, залегающих на глубине. В связи с этим резко возрастает значение научных прогнозов, повышается роль науки, в частности геологической теории образования рудных месторождений».

Советской геологии всегда было свойственно гармоничное сочетание широкого экспериментального поиска с глубокими теоретическими обобщениями. Еще в 1932 году, в разгар экспедиционной «лихорадки», вышло в свет классическое исследование академика В. А. Обручева «Образование гор и рудных месторождений». Владимир Афанасьевич написал почти три тысячи печатных работ общим объемом более двух тысяч авторских листов — свыше сотни томов! Но он же известен как заядлый путешественник, облазивший горы и ущелья, прошедший пустыни и леса Сибири и Внутренней Азии. Неспроста Парижская Академия наук присудила ему свою высшую географическую награду — премию имени Чихачева. «В научном творчестве В. А. Обручева отражается развитие всей нашей геологии», — писал академик И. М. Губкин.

А вот как ответил Обручев на приветственные слова по случаю своего 90-летия: «Когда я начинал работать, геологи России насчитывались единицами,

а теперь работают уже десятки тысяч *... Как ветеран этой армии я могу пожелать ей дальнейшего развития и совершенствования, чтобы доказать всему человечеству, что свободный коммунистический строй государства способствует не только всеобщему благосостоянию, но и безграничному развитию... науки».

Наступление огромного многонационального войска подчинялось продуманной научной стратегии, принципы которой формулировал и сам Владимир Афанасьевич. Наряду с Обручевым в металлогению, в изучение рудных месторождений, в теорию их происхождения, большой вклад внесли С. С. Смирноз, Ю. А. Билибин, К. И. Сатпаев, А. Н. Заварицкий, А. Г. Бетехтин, Х. М. Абдуллаев и многие другие.

Богатейший фактический материал, собранный экспедициями, критический анализ и обобщения, сделанные на его основе, позволили приступить к составлению металлогенических и других специальных карт, на которых зиждется геологический прогноз. Охотники за кладами получают своеобразный компас, помогающий им выбирать наиболее разумное направление дальнейших поисков, выявлять районы, где весьма вероятна встреча с еще не найденными металлами или их рудами. Понятно, что такие же методы научного предвидения разрабатываются и для всех других полезных ископаемых.

«Чертежи» материков, как, впрочем, и дна океанов, понятно, нужны не только искателям сокровищ. Поэтому они нередко представляют собой сложнейший комплекс, куда входят общие и специализированные графические схемы — тектонические, геоморфологические, металлогенические, прогнозные и другие.

В 1940 году коллектив сотрудников под руководством академика Д. В. Наливкина подготовил «Геологическую карту СССР». Тогда разномасштабной

---

* Геологическая служба нашей страны насчитывает сейчас в своих рядах более полумиллиона специалистов. В 50 научно-исследовательских институтах Министерства геологии СССР трудится свыше 10 тысяч сотрудников, среди них 2 тысячи докторов и кандидатов наук.

съемкой были охвачены две трети нашей необъятной страны. В дальнейшем «белые пятна» постепенно исчезали, и новые данные вместе с уточненными прежними легли на сводную геологическую карту, вышедшую под редакцией Наливкина. Этот труд отмечен Ленинской премией.

В настоящее время Д. В. Наливкин и А. А. Богданов возглавляют подкомиссию Международного геологического конгресса, занятую составлением тектонической карты всего мира. Ее европейский «фрагмент» издан в 1962 году в СССР (руководили работой А. А. Богданов, Н. С. Шатский, Г. Штилле, Ф. Блондель), а евразиатский — в 1965 году (главный редактор А. Л. Яншин). Это будет основа всех основ, фундамент современной геологии. Она послужит опорой и в прогнозировании полезных ископаемых — теперь уже не только в отдельных странах, но и в масштабах всего мира. Особенно большую роль сыграет она в подъеме экономики слаборазвитых государств, где сокровища Земли все еще лежат под спудом, как лежали они мертвым капиталом в дореволюционной России.

Участие наших ученых в этой ответственной работе не случайно. Советские специалисты идут в авангарде мировой геотектоники. Имена Н. С. Шатского, А. Д. Архангельского, А. А. Богданова, А. Л. Яншина, В. А. Обручева, С. В. Обручева, М. В. Муратова, В. В. Белоусова хорошо известны за рубежом.

Создается и всемирная геологическая карта. Ее авторы не только подытожат, не просто сведут воедино новейшие результаты, полученные исследователями моря и суши, поверхности планеты и ее недр, ее богатств, ее возраста, — произойдет синтез всех современных знаний, который станет новой вехой в геономии, «стратегическим планом» в покорении стихий, в преобразовании планеты.

Деятельность наших ученых принимает поистине глобальный размах. Вспомнить хотя бы их участие в осуществлении международных мероприятий. Исследования Арктики, Антарктиды, Мирового океана. Изучение планеты с борта космических аппаратов.

Геологические работы по планам Совета Экономической Взаимопомощи. Помощь слаборазвитым странам.

По просьбе Кубинского института минеральных ресурсов А. Ф. Адамович, В. Д. Чехович и другие наши специалисты провели геологическую съемку провинции Ориенте, где находится главная горнорудная база острова Свободы. Калий-аргоновым методом был определен абсолютный возраст магматических пород. Недавно вышла из печати «Геология Кубы». В подготовке этого труда активное участие принимали ученые СССР.

В северных районах Афганистана советские разведчики недр открыли крупные запасы природного газа, который будет использован как сырье на заводе азотных удобрений и как топливо на тепловой электростанции. Крупные залежи нефти обнаружены в Индии, Пакистане, Сирии, золота и алмазов — в Гвинее. В Ираке открыты месторождения серы и фосфоритов; для Сирии составлена геологическая карта, на территории страны найдены запасы фосфоритов, каменной соли, железной, марганцевой и хромовой руд.

Международное сотрудничество, широкий обмен информацией способствуют прогрессу и самой науки о Земле, скажем, геологии.

«В 1930 году, просматривая образцы пород, привезенных из Монче-тундры, я подметил в них блестки какого-то металла, — вспоминал А. Е. Ферсман. — Это заставило меня в следующем году отправиться туда, и после долгих трудов, многочисленных поисков и разведок мне удалось открыть месторождения Монче-тундры, второго в мире рудника по запасам медно-никелевых руд. Но я должен подчеркнуть, что обратил внимание на блестки потому, что знал о подобных породах с блестками в Норвегии. Я связал таким образом свои наблюдения с результатами других исследований».

Другой пример. Еще в начале 40-х годов академик В. С. Соболев, изучая строение отдельных областей за рубежом (Африка, Индия, Австралия, Брази-

лия) и у нас (Сибирь), пришел к выводу о тождестве их геологической природы. Но если в платформах Африки и Индии имеются коренные месторождения алмазов (кимберлитовые «трубки взрыва»), то почему бы им не быть и у нас? Скорее всего в Якутии. Этот прогноз полностью оправдался. В 1949 году на Вилюе были открыты россыпи алмазов, а начиная с 1954 года выявлены уже не россыпи, а богатейшие коренные месторождения.

На этом, пожалуй, можно было бы поставить точку. Но как тут не упомянуть о новой находке: алмазы выявлены также на Русской платформе — под Воронежем! И как не добавить, что их теперь делают на заводах. Делают из графита, стискивая эту разновидность углерода в специальных прессах, заставляя ее таким путем перестраивать свою кристаллическую решетку в жестких условиях, напоминающих те, что царят в земной мантии: десятки тысяч атмосфер и тысячи градусов. Метод разработан в Институте физики высоких давлений (ИФВД) АН СССР под руководством академика Л. Ф. Верещагина. А на ВДНХ демонстрируется прессовая установка, сконструированная в ИФВД. В ней степень сжатия достигает 100 с лишним тысяч атмосфер, температура — 2500 градусов. Так моделируется режим, господствующий там, за разрывом Мохо.

Самоцветы? Месторождения? Их можно делать искусственно!

Нынче умеют получать вещество, крупинки которого способны оставить царапину даже на бриллианте. По твердости они превосходят самого короля кристаллов, слывшего эталоном неподатливости. И по жароустойчивости они тоже впереди. Речь идет о боразоне (B_3N_3). Человек соорудил молекулярную постройку, до которой не додумалась сама природа, великая мастерица, столь тароватая на выдумки.

Посмотрите на циферблат своих часов. На нем мельчайшим шрифтом напечатано: столько-то камней.

Каких? Рубинов. Опять-таки искусственных! Их применяют также в качестве сердечников для квантовых генераторов и усилителей.

Рубины, изумруды, сапфиры — список рукотворных самоцветов растет год от года. Но и это не все!

Создание искусственных месторождений... Проблема не только поставлена теоретически, но уже решается на практике.

«Кара-Богаз» по-туркменски означает «Черная пасть». Залив и впрямь, как исполинский зев, заглатывает непрерывно поступающую в него соленую воду моря. Но нещадно палящее солнце испаряет ее, концентрируя раствор. «Котел, где выкипает каспийская вода», — так называл Кара-Богаз-Гол его исследователь академик Н. С. Курнаков, создатель геометрического языка химии — физико-химического анализа. Зимой, когда этот «чан» остывает, из густого рассола выкристаллизовывается мирабилит, который служит прекрасным сырьем для сернокислотного и щелочного производства. На дне оседает мощный пласт минерала. А летом снова переходит в жидкое состояние. Если в теплое время перекачать рассол в специально подготовленный котлован и дождаться холодов, в искусственном резервуаре появится слой нужного вещества. Раствор же, плещущийся над осадком, легко переправить с помощью тех же насосов восвояси, обратно в залив. Такой принцип применим ко многим нашим водоемам. Недавно он лег в основу технологии на новом заводе — у озера Кучук, что в Кулундинской степи. Здесь тоже отлагается мирабилит (глауберова соль). В других местах можно «организовывать» месторождения иных химикалий, в том числе природных красителей (умбра, мумия), стройматериалов, серы, даже лечебных грязей.

На одном из подмосковных озер («торфянике») под руководством доктора геолого-минералогических наук В. М. Сенюкова ставились интересные опыты — ученые хотели выяснить, как в естественных условиях образуется нефть. Познав тайну ее рождения, человек будет по своему желанию создавать ее залежи,

причем, вполне вероятно, не только на Земле, но и на других планетах, подготовив там предварительно соответствующую биогеохимическую среду. Лунная, марсианская и вообще космическая геология уже поставлена в повестку дня. Люди собираются рано или поздно освоить резервы химического сырья, стройматериалов, энергии, витающие покамест в просторах вселенной.

Синтетические минералы. Искусственные месторождения. Что дальше?

Самодельное небесное тело — мыслимо ли такое? Об этом вы также прочитаете в следующей главе.

Царство Плутона в миниатюре... Да, его уже можно встретить сегодня в лабораториях. Воспроизводятся явления, протекающие в коре и мантии. На установке сверхвысокого давления создан новый минерал — так называемый рутилоподобный кварц; считают, что он напоминает вещество верхней мантии. Американцы его нарекли стишовитом, хотя более правильное название — стиповерит (по фамилиям авторов работы — Стишова, Поповой и Верещагина). Моделируются тектонические процессы, землетрясения, вулканические извержения — познав их природу, люди смогут предсказывать «день гнева» стихий, принимать предупредительные меры, предотвращать катастрофы.

В сентябре 1967 года Советский Союз начал бомбометание в Тихом океане. Искусственно вызванные содрогания донной и водной толщи предназначены для изучения их сейсмологами. Одна из проблем, решению которой поможет эксперимент, — прогноз землетрясений и цунами.

Активная вулканическая зона... Раньше это понятие было лишь символом опасности. Сегодня оно стало предметом растущего исследовательского интереса. Привлекает оно и энергетиков. В одной из таких зон, на Камчатке, уже построена геотермальная электростанция, использующая природное подземное тепло.

«Изменится наш шар земной», — мечтал русский революционер Д. Д. Ахшарумов. Приговоренный

к смертной казни, он выводил на стене темницы жизнеутверждающие строки:

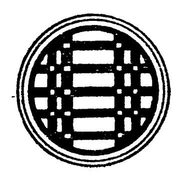
Тогда изменятся и люди, и природа,
И будут на Земле мир, счастье и свобода!

Русский народ сбросил иго старого режима, приступил к строительству нового общества под девизом: «Мир, Труд, Свобода, Равенство, Братство и Счастье».

Теперь он намерен изменить Землю, распорядиться ее богатствами, подчинить себе слепую мощь стихий.



Глава пятая



ОСЕДЛАТЬ КЕНТАВРА?

Силы давления лучей могут со временем получить большое значение в вопросах физики и астрономии.

П. Н. Лебедев профессор физики, Россия, 1901 г.

Работы Лебедева по световому давлению — это не отдельный эпизод, но важнейший экспериментальный узел, определивший развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики.

С. И. Вавилов, академик, СССР, 1937 г.

...Золотые блики на раструбах фанфар, описав дугу, застывают высоко в воздухе, и зычный трубный глас потрясает торжественную тишину концерт-хауза. Появляется его величество Густав VI Адольф. В церемониальной процессии горделиво проплывают парадные мундиры с аксельбантами и орденскими лентами, чопорные фраки, белоснежные воротнички и крахмальные манишки. Зрители тоже одеты по всем правилам щепетильного придворного этикета. Участники шествия останавливаются у ковра. Группа людей во фраках делает поклон и садится. Все остальные, в том числе королевская семья, стоят. А тем людям предоставлено право сидеть в присутствии самого короля! Чем они заслужили такие почести?

Об этом расскажет представитель Шведской академии. Его речь, насыщенная физическими терминами

второй половины XX столетия, звучит странным диссонансом на фоне старомодной великосветской «мишуры» и средневекового городского колорита. Еще бы: ведь он говорит об открытии, которое сделано в 1954 году!

Один за другим подходят к королю Чарлз Хард Таунс, Александр Михайлович Прохоров, Николай Геннадьевич Басов. Его величество собственноручно вручает каждому большую золотую медаль и диплом нобелевского лауреата.

В 1904 году здесь, в Стокгольме, получал Нобелевскую премию И. П. Павлов, в 1908 — И. И. Мечников. В 1956 году ее присудили Н. Н. Семенову, в 1958 — П. А. Черенкову, И. Е. Тамму, И. М. Франку, в 1962 — Л. Д. Ландау. И вот 1964-й...

Новым лауреатам по обыкновению предоставляется слово.

«Квантовая электроника возникла в конце 1954 — начале 1955 года. Именно в этот период были даны теоретические основы квантовой электроники, а также создан первый прибор — молекулярный генератор. Квантовые приборы по предложению профессора Ч. Таунса получили название мазеров. Казалось бы, после создания мазеров в радиодиапазоне вскоре будут созданы квантовые генераторы и в оптическом диапазоне волн. Однако этого не случилось. Лазеры были созданы только через пять-шесть лет».

Так 11 декабря 1964 года говорил в традиционной нобелевской лекции А. М. Прохоров. Н. Г. Басов тогда же посвятил свой доклад «наиболее молодой ветви квантовой электроники — полупроводниковым квантовым генераторам, которые появились на свет всего около двух лет назад, хотя и здесь им предшествовал теоретический анализ, начатый еще в 1957 году».

Еще одно чудо света?

Еще издревле человек использовал свет для своих повседневных нужд. Им отгонял он ночную мглу и хищных зверей, им мгновенно передавал важные ве-

-сти тем, кто оставался недосягаем для звука или гонцов.

Свет обожествляли. Самый мощный его источник — Солнце — был персонифицирован греками в образе Гелиоса. 35-метровая бронзовая статуя лучезарного бога поднялась в III веке до нашей эры на острове Родос, чтобы стать одним из семи пресловутых чудес. В те же годы на противоположном берегу Средиземного моря закончилось строительство не менее грандиозного сооружения:

Башню на Фаросе, грекам спасенье, Сострат Дексифанов,
Зодчий из Книда, воздвиг, о повелитель Протей!
Ночью издали видят плывущие морем все время
Свет от большого огня в самом верху маяка.

Маяк, воздвигнутый в 280 году до новой эры на скалистом мысе острова Фарос близ Александрии, представлял собой настоящий небоскреб. Колоссальное многоярусное сооружение вздымалось ввысь на 120 (по некоторым источникам — на 170) метров. Наверху полыхал огромный факел; топливо для него доставлялось навьюченными ослами по пологой винтообразной лестнице, построенной внутри «высотного здания». Система металлических зеркал усиливала световой поток, отбрасывая его далеко в ночной мрак.

Шестнадцать столетий «маячило» перед глазами изумленных мореходов фаросское диво; и по сей день еще легко уловить осколок его овеянного легендами имени в слове «фара».

Кстати, о фарах. Даже они, обычные автомобильные лампы с зеркалами, и уж тем паче их мощные собратья на современных маяках — как далеки они от смрадных пожарищ, которые больше чадили, нежели светили, даром что были вознесены на верхушки исполинских постаментов вроде многоэтажной каменной башни в Александрийском порту.

На каком отдалении видели марсовые древних галер фаросскую «путеводную звезду»? Десять километров? Двадцать? Сто?

Многие миллионы километров — с такой ди-

станции можно рассмотреть невооруженным глазом сфокусированный луч квантового генератора. Генератора современного типа, то есть далеко не самого совершенного из всех его мыслимых воплощений. Становится реальностью межзвездная оптическая связь (до ближайшей к нам звезды свет идет четыре с лишним года). Конечно, самые мощные лазеры гораздо крупнее автомобильной фары или даже прожектора (недавно построен гигант длиной свыше десяти метров), но есть и такие, что запросто умещаются на небольшом лабораторном столе.

Осенью 1963 года сотрудники Физического института имени П. Н. Лебедева установили лазер в фокусе телескопа имени Г. А. Шайна (Крымская астрофизическая обсерватория) — этот уникальный астрономический инструмент с диаметром зеркала 2,6 метра по своей оптической мощности занимает первое место в Европе, а по качеству изображения не уступает крупнейшему в мире рефлектору на горе Маунт Паломар (США). Понятно, почему именно на него пал выбор московских физиков. Но на сей раз дальнозоркий крымский «циклоп» не ловил сияния далеких светил: он сам стал прожектором. Его нацелили на Луну. На затененном участке нашего естественного спутника заиграл зайчик. Не очень яркий: отраженный сигнал, попав в зрачок второго телескопа, оказался в миллиарды миллиардов раз слабее первоначального, посланного с Земли. И все же его уловил чувствительный прибор.

Световое зондирование небесных тел позволит в десятки, если не в сотни, раз точнее определять расстояния до различных участков той или иной планеты, чем с помощью радиолокации.

«Гиперболоид инженера Гарина», вызванный к жизни воображением А. Н. Толстого, разрезал световым «скальпелем» сталь броненосцев, словно дальнодействующий автогенный аппарат. Герой этого фантастического романа тоже использовал систему зеркал, собирая в нерасходящийся пучок лучи от ослепительно белого пламени, которое давали некие таинственные «пирамидки».

Ну, а лазер?

Уже сегодня его луч пробуравливает самые тугоплавкие металлы, самые твердые материалы. Например, бритвенное лезвие с расстояния в 10 метров.

Именно так специальными агрегатами, созданными в Московском научно-исследовательском институте металлорежущих станков, прожигаются наитончайшие калиброванные каналы в различных промышленных изделиях. Скажем, в рубиновых камнях для часовых механизмов.

Такая неуловимо-нежная, неосязаемая субстанция, а действует под стать тарану-долоту! Или ракетному двигателю.

Есть идея — корректировать траектории искусственных спутников, направляя на них с Земли лазерный луч. Свет будет «отталкивать» рукотворную «луну» и не даст ей раньше времени сгореть в плотных слоях атмосферы. Что это — давление света?

«Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет... Сообщил Винеру, сперва он объявил, что я с ума сошел, а на другой день, поняв, в чем дело, очень поздравил». Это отрывок из письма великого русского физика Петра Николаевича Лебедева. Сумасбродный немецкий ученый Винер поначалу счел ныне общепризнанную астрономическую истину: хвосты комет направлены всегда в сторону от Солнца потому, что их отталкивает свет нашей дневной звезды. Такой вывод следовал из электромагнитной теории англичанина Максвелла. Но оспаривался крупнейшими авторитетами, в их числе лордом Кельвином, имя которого присвоено абсолютной шкале температур. Изящнейшими экспериментами Лебедев неопровержимо доказал: механическое давление света — факт. К. А. Тимирязев рассказывал, как в 1903 году лорд Кельвин обратился к нему со словами:

— Вы знаете, что я не поддавался на аргументы Максвелла. А вот перед опытами вашего Лебедева пришлось сдаться...

Световое давление в повседневной жизни совершенно неощутимо, его обнаруживают лишь очень чувствительные приборы. Однако при фокусировке лазерного излучения в малых объемах создается до того высокая концентрация энергии, что световой напор может достигнуть миллиона атмосфер! Правда, в случае со спутником, освещенным с Земли, этот эффект почти не скажется; он перекроется другим, куда более заметным: с поверхности космического аппарата, нагретой лазерным лучом, начнут отрываться атомы и молекулы — такое испарение создаст реактивную силу, противодействующую тяготению.

Знаменательно, что идеи «силовой оптики» получили блестящее развитие в трудах того самого института, который носит имя П. Н. Лебедева. Именно там работают академики Н. Г. Басов и А. М. Прохоров. Там (и не только там) работают их многочисленные ученики. Следуя традициям передовой русской науки, обогащая ее наследие, они умножают ее добрую славу. Но у преемников Лебедева иная судьба.

Вынужденный подать в отставку в знак протеста против произвола царского министра, Лебедев в 1911 году был выдворен из университетской лаборатории. Виртуоз физического эксперимента оказался фактически за бортом большой науки. Тяжело переживая злосчастную участь дела, которому он отдал целых 20 лет, 45-летний профессор слег в постель и больше не поднялся, так и не дожив до триумфального стокгольмского эпилога (кандидатуру Лебедева выдвинули на соискание Нобелевской премии).

Преждевременно скончавшийся, а вернее — сведенный в могилу в расцвете творческих сил, Лебедев не увидел послеоктябрьскую Россию. Но дело, начатое им, нашло в новых условиях достойных продолжателей. Впрочем, пора вернуться к лазерам.

Недавно советские инженеры превратили световую рапиру в паяльник. Это станок-автомат. Он скрепляет крохотные, с типографскую точку, детальки электронных схем. Точечную сварку можно вести в самых труднодоступных местах, через узкие щели, через

прозрачные перегородки. А другими подобными аппаратами даже сквозь стекловидное тело глазного яблока.

В 1964 году в Украинском научно-исследовательском институте глазных болезней и тканевой терапии имени академика В. П. Филатова успешно опробован новый способ «приваривания» к глазному дну отслоившейся от него сетчатки. В 1966 году сдан в серийное производство офтальмокоагулятор ОК-1. Пациент не успевает ни увидеть, ни почувствовать вспышку — настолько кратковременно и деликатно прикосновение необычного скальпеля.

«В одну телегу впрячь не можно коня и трепетную лань», — гласит знаменитая сентенция, противопоставляющая грациозную легкость грубоватой силе. Чудодеи квантовой физики сплавили воедино, казалось, несовместимое — деликатность и резкость, слепую мощь и ювелирную точность. Миллионы лошадиных сил — у светового импульса мощность может быть больше, чем у Братской ГЭС. Правда, это всего-навсего блицпревосходство, оно существует постольку, поскольку скоропреходяще, мгновенно — энергия, выделяющаяся за миллионные доли секунды, обеспечила бы собой лишь кратковременную вспышку лампочки карманного фонарика.

В 1965 году профессора А. М. Прохоров и С. Л. Мандельштам пробовали ионизировать газы: лазерный луч у них своим электрическим полем вызывал пробой в воздухе. Профессор Н. Г. Басов пытается с той же целью вести световой обстрел твердых мишеней. Полагают, что так со временем удастся получать высокотемпературную плазму. А в отдаленном будущем — инициировать термоядерный синтез и управлять им.

Первенцем квантовой электроники, как известно, явился мазер — источник сантиметровых и миллиметровых радиоволн. Термин составлен из первых букв английской фразы, переводящейся примерно так: «Усиление микроволн посредством индуцированного излучения». Еще более коротковолновые (а следовательно, и более высокочастотные) колебания генери-

рует лазер; здесь вместо «м» («микроволны») фигурирует сокращение «л» («лайт» — значит «свет»). Он работает в видимой области спектра. Ради краткости все члены этого непрерывно плодящегося семейства часто именуются собирательно — просто «лазеры».

Дорогами разведчиков

...Многим не привелось уцелеть под ураганным минометным огнем, который в тот весенний день сорок третьего года обрушился на передовые позиции, занятые под Ржевом 94-м полком 30-й гвардейской стрелковой дивизии одной из армий Западного фронта. Находясь в разведке, был тяжело ранен и старший лейтенант Александр Прохоров. Просто чудом избежал он смерти: истекающего кровью, с зияющей раной в бедре доставили его товарищи в медсанбат. Крепкий организм выдюжил — через год 28-летний офицер выписался из госпиталя. Но вернуться в строй уже не пришлось, врачи не разрешили. Так бывший разведчик снова очутился в родных пенатах — в лаборатории колебаний ФИАНа (Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР). Отсюда ушел он на войну, не успев закончить аспирантуру, прервав интересное исследование, которое велось под руководством Н. Д. Папалекси и В. В. Мигулина и уже тогда дало новый радиометод наблюдения за ионосферой.

Теперь предстояло наверстать упущенное. Думал ли, гадал вчерашний солдат, только что сменивший застиранную гимнастерку на лабораторный халат, что через 20 лет ему придется во фраке явиться на аудиенцию к шведскому королю?

Александр Михайлович с головой погружается в родную стихию радиофизики. Под руководством профессора Сергея Михайловича Рытова он занимается стабилизацией «блуждающей» частоты радиогенераторов. Вскоре ему вместе с С. М. Рытовым и М. Е. Жаботинским присудят премию имени

Л. И. Мандельштама — за теорию стабилизации частоты. Идет разведка на мирных рубежах.

Той порой получает путевку в жизнь большое открытие, сделанное в Казани, где вынуждены ютиться некоторые московские лаборатории, эвакуированные туда на время войны. Там начинается одна из тех дорог, которые сойдутся потом здесь, в столице, в лаборатории Прохорова.

Известно, что железо можно намагнитить. Потом оно надолго сохранит волшебную притягательную силу. Но есть материалы, которые обретают ее лишь на тот срок, пока находятся в магнитном поле. Будучи удалены из него, они сразу же утрачивают это свойство. К таким «калифам на час» относятся и парамагнетики. Именно их исследовал тогда в Казани Евгений Константинович Завойский.

Делая виток за витком по околоядерной орбите да еще и вращаясь к тому же вокруг своей оси, подобно нашей планете, электроны ведут себя как крошечные магнитики. Если они полностью гасят действие друг друга, то общий результат получается нулевым. Если не полностью, то у атома налицо собственный магнетизм, который, однако, отсутствует у вещества в целом: ведь оно состоит из бесчисленного множества частиц, а те расположены неупорядоченно, кто как, так что суммарный эффект оказывается опять-таки нулевым, хотя слагаемые по отдельности нулю не равны. Вот если бы атомы повернулись в одну сторону, будто стрелки компаса, тогда другое дело. Внешнее магнитное поле как раз и заставляет их поступить таким образом.

Пусть в атоме все магнитные силы, обусловленные вращением электронов вокруг ядра, скомпенсированы. А спиновые не все: один электрон не нашел себе пары. Но его спин (осевое вращение) придает частице свойства волчка. А значит, и гироскопическую устойчивость, упрямое желание сохранить свое положение в пространстве неизменным. Что же произойдет? Примерно то же, что с детской юлой на гладком полу: накренившись, она не падает под действием земного притяжения, только ось ее начинает неспеш-

но бродить по кругу, описывая коническую поверхность около вертикали, исходящей из точки опоры. Такой «танец» называется прецессией. Атом в магнитном поле тоже начинает выделывать бесконечные пируэты вокруг силовой линии, разве что стоит он на воображаемом пуанте — под ним нет пола, он взвешен в пространстве. Благодаря такому круговращению создается дополнительный, наведенный магнетизм — он тоже вступает в игру противоборствующих сил, причем частица стремится занять такое положение, когда энергия ее электронов минимальна. Это состояние наиболее выгодно; достигается же оно лишь в случае, если «стрелка» микрокомпаса смотрит в ту же сторону, что и внешнее поле.

Пусть теперь включено еще одно магнитное поле — перпендикулярное первоначальному, причем более слабое. Будь оно тоже статическим, его влияние почти не проявлялось бы. Но оно переменное.

Если эти регулярные колебания будут «трясти» каждый «волчок» несогласованно с его движением, такие толчки просто погасят друг друга и почти не исказят картину прецессии. Если же они действуют в такт, в резонанс с ней, значит они неотступно преследуют кружащуюся магнитную «стрелку», стремясь отклонить ее на все больший угол от оси вращения. Уступая столь настойчивому «нажиму», частица может повернуться против поля (статичного). Иными словами, перейти в возбужденное состояние. Если таких переходов много, то они сопровождаются поглощением энергии. Чтобы наблюдать этот эффект, очевидно, нужно синхронизировать оба колебательных процесса. Как? Можно, конечно, изменять периодичность переменного поля, однако Завойский поступил иначе: он подгонял к ней ритм самой прецессии, плавно варьируя напряженность поля постоянного. Так удобнее: ведь ток в обмотке электромагнита легко усилить или ослабить — достаточно покрутить ручку-регулятор. Генератор же колебаний обычно настроен на строго определенную частоту; зачем же сбивать его с заданного режима? Напротив, чем стабильнее он работает, тем лучше. Но вот резо-

нанс достигнут. На зеленоватой светящейся черточке, пересекающей экран осциллографа, тотчас появляются всплески: поглощение энергии парамагнетиком резко возрастает! К этому, собственно, и сводится электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), обнаруженный Е. К. Завойским в 1944 году. Открытие Евгения Константиновича отмечено Ленинской премией.

Явление ЭПР широко используется в радиоспектроскопии. Почему «спектроскопии»? Почему «радио»? По той простой причине, что переменное магнитное поле в исследовательской практике заставляют колебаться с частотами радиодиапазона. Собственно, здесь имеют дело с радиоволнами. Их поглощение измеряется особым прибором, который вычерчивает спектр ЭПР — кривую с резким скачкообразным изгибом, соответствующим резонансу и, что очень важно, характерным для каждого вещества. Именно этим методом А. М. Прохоров и его аспирант А. А. Маненков изучили широкий круг кристаллов на предмет их годности в качестве сердечника для квантовых приборов. Так в 1955 году впервые были выявлены многообещающие способности рубина, который впоследствии сделался мировой знаменитостью: ведь именно он стал рабочим телом первого лазера. Он же применяется в парамагнитных усилителях. Одну из таких установок создали профессор М. Е. Жаботинский и А. В. Францессон. Оригинальные конструктивные решения позволили резко уменьшить габариты основных узлов. Магнит «исхудал» до килограмма — его вес в 90 раз меньше, чем у равномощного усилителя фирмы Белл, слывшего лучшим в мире. Такая миниатюризация сократила и расход охладителя — сжиженного гелия. Установка Жаботинского и Францессона по своим техническим характеристикам покамест вне конкуренции: ею оборудован большой радиотелескоп Пулковской обсерватории. А на радиоастрономической станции ФИАН в Пущино (близ Серпухова) вслушивается в космические радиошорохи другой парамагнитный усилитель, с еще меньшим магнитом, — он разработан коллективом ученых под руководством А. М. Прохорова.

В радиоспектроскопии используется и ЯМР — ядерный магнитный резонанс (ядро ведь тоже малюсенький магнитик), но он в тысячи раз слабее ЭПР. Есть и другие виды резонанса. Разумеется, микроволновая спектроскопия и в отсутствие магнитного поля изучает поглощение радиоволн различными веществами — в основном газообразными. К тому же разреженными. При переходе их в конденсированное состояние взаимодействие между тесно сблизившимися молекулами становится настолько сильным, что спектральные линии, достаточно резкие для независимых частиц, расплываются, утрачивают четкость.

Тут-то и приходят на выручку магнитные свойства тел. Только упорядочив ориентацию «микроволчков» и организовав их прецессию с помощью постоянного поля, а затем подогнав ее частоту к той, на которой работает генератор электромагнитного излучения, Завойский резко усилил эффект и получил четкую картину поглощения.

Своим расцветом в СССР радиоспектроскопия во многом обязана усилиям Прохорова и «прохоровцев». Вскоре после войны Александр Михайлович, возглавив группу молодых искателей, вплотную приступает к фронтальной разведке в этой новой тогда области. Малоизученная, неустоявшаяся, она манила к себе неизведанными возможностями. И надо сказать, чутье не обмануло Прохорова.

В 1948 году в лабораторию колебаний ФИАНа поступает новый сотрудник. Ему двадцать шесть. Он еще учится в Московском механическом институте, и для Александра Михайловича он долгие годы просто Коля (впрочем, самому Александру Михайловичу чуть больше 30). Минет каких-нибудь пять лет — и недавний студент, досрочно получив диплом, защитит кандидатскую диссертацию, выполненную под руководством доктора физико-математических наук А. М. Прохорова. Собственно, во всем этом нет ничего особенного; молодость наших научных кадров, сочетание учебы с работой, увлеченность, не оставляющая ни минуты для «блаженного ничегоноде-

ланья», быстрое признание заслуг учеников учителями — вещи вполне ординарные в советских исследовательских учреждениях.

Ничего необычного для нас нет и в том, что Басов в свои 20 лет уже изведал горечь военных страданий. Выпускник фельдшерской школы, он вдоволь натерпелся всего, чем памятен фронт, наслушался артиллерийской канонады и стонов раненых, а приняв участие в демонтаже заводов, где германские концерны фабриковали смертоносные химикалии для гитлеровских душегубок, перенес тяжелое отравление, едва не стоившее ему жизни. Сколько ученых, сколько будущих Прохоровых не вернулось в свои лаборатории? Сколько будущих Басовых, еще не начав путь в науке, осталось навсегда лежать на полях сражений? А разбомбленные институты, сожженные библиотеки, муки оккупации, невзгоды эвакуации, мобилизация всех людских и материальных ресурсов для нужд обороны и затем на восстановление хозяйства, на ликвидацию чудовищной разрухи — имеют ли обо всем этом отчетливое представление американские и канадские коллеги советских физиков, создавшие квантовый генератор, как принято писать, «одновременно и независимо»?

Не в тепличных условиях зрели многие замечательные идеи советской науки, в том числе идея лазера.

В военное время, начиная с 1942 года, советский ученый В. Л. Гинзбург, а вслед за ним и американец Ван-Флек опубликовали серию работ, где доказали, что сантиметровые волны должны ослабляться парами воды, в изобилии наполняющими атмосферу. Полоса особенно сильного поглощения простирается примерно от одного до полутора сантиметров, и — надо же! — как раз в эти пределы попадали сигналы боевых радаров. Пришлось срочно выискивать иные диапазоны — такие «окна», где невидимый электромагнитный щуп не гасился бы столь заметно.

Если в радиоспектроскопе аммиак или иной газ поглощает волны определенной длины, то он, види-

мо, может их же генерировать, испуская столь же согласованным потоком, даже направленным пучком, размышляли Прохоров и Басов. Если луч радиолокатора застревает в облаках, как бы впитывается ими, то почему бы водяным парам при некоторых условиях самим не стать источником такого же луча? Нельзя ли превратить скопище молекул из радиоприемника в радиопередатчик?

Уже говорилось: в радиоспектроскопе энергия высокочастотного поля идет на возбуждение атомов и молекул. С квантовомеханической точки зрения возбуждение частицы выглядит как ее переход в новое качество, как прыжок (воображаемый, конечно) с одного разрешенного уровня на другой, более высокий. Такое «антраша» вызывается строго отмеренной дозой электромагнитного излучения, соответствующей расстоянию между уровнями.

«Совершенно ясно, что, если все атомы в возбужденном состоянии, такая система будет усиливать излучение, — говорил А. М. Прохоров в нобелевском докладе. — Некоторые ученые понимали это еще до 1940 года, однако никто не указал, что можно создать генераторы света... Нужны были определенные предпосылки. Они появились после второй мировой войны, когда начала бурно развиваться радиоспектроскопия».

Накал перед вспышкой

Да, квантовый генератор как прибор уходит своими истоками в радиоспектроскопию и отчасти в радиолокацию. А некоторые его принципы были известны теоретикам даже раньше — задолго до войны.

Возбужденный атом способен разрешиться от «бремени», от переполняющей его энергии двояко: либо добровольно, спонтанно, либо по принуждению — когда проносящийся мимо квант невежливо задевает частицу и пробуждает ее от оцепенения. Во втором случае речь идет об индуцированном (наведенном)

излучении. Оно существенно отличается от самопроизвольного тем, что распространяется не куда угодно, а лишь в том направлении, которое задано внешним импульсом. В результате к кванту, наскочившему на атом, добавляется попутчик, устремляющийся в ту же сторону и имеющий ту же частоту: оба спутника, как говорят специалисты, когерентны. А ведь эта их характеристика была известна Дираку еще в 1927 году! Само же явление Эйнштейн предсказал в 1918 году.

Над заманчивой возможностью использовать «навязанную» радиацию размышляли и другие ученые.

«Установлено неизвестное ранее явление усиления электромагнитных волн при прохождении через среду, в которой концентрация частиц или их систем на верхних энергетических уровнях, соответствующих возбужденным состояниям, избыточна по сравнению с концентрацией в равновесном состоянии». Так говорится в дипломе, выданном в 1964 году Государственным комитетом по делам изобретений и открытий СССР Валентину Александровичу Фабриканту, Михаилу Мартыновичу Вудынскому и Фатиме Асланбековне Бутаевой. Мысль, сформулированная в дипломе, родилась у них в 1951 году. Более того: в двух шагах от одного из замечательнейших открытий XX века В. А. Фабрикант, ныне доктор физико-математических наук, стоял еще в 1939 году! Да, именно тогда Валентин Александрович, ученик академика С. И. Вавилова, защитил докторскую диссертацию, опубликованную годом позже, где содержалось теоретическое обоснование ныне всемирно известного явления. Оставалось провести решающий эксперимент, но тут грянула война...

Впрочем, как говорил академик А. М. Прохоров, квантовые генераторы вполне могли появиться и гораздо раньше. Могли. А вот поди ж ты...

Детально разобраться в теоретических и экспериментальных предпосылках, наметить конкретную цель поисков, четко, засучив рукава, разработать весь комплекс идей квантовой электроники, реализо-

вать их, создать приборы и довести дело до конца сумели именно Александр Михайлович Прохоров, Николай Геннадьевич Басов и (одновременно с ними, но независимо от них) Ч. Х. Таунс с Дж. Гордоном и Х. Цайгером из Колумбийского университета да еще Дж. Вебер (Мэрилендский университет).

Широко известные ныне принципиальные схемы квантовых генераторов в диапазоне видимого света были предложены в 1957—1958 годах учеными СССР (Н. Г. Басов, Б. М. Вул, Ю. М. Попов) и США (Ч. Таунс, А. Шавлов).

Одним из барьеров, отделявших радиоволновые лазеры от оптических, была проблема резонаторов.

Говорят, будто пение тетивы боевого лука натолкнуло наших предков на мысль о сладкозвучных струнах. Потом к распоркам с туго натянутыми на них воловьими жилами приделали ящик с отверстием — звук стал громче, чище. А шедевры знаменитых скрипичных мастеров Страдивари, Амати, Гварнери ценятся именно за качество таких деревянных «ящиков», хотя, казалось бы, источником звука является только струна. Так вот: корпус гитары ли, скрипки ли — резонатор. Он выделяет и усиливает определенный тип вибраций, вызванных струной в воздухе. Примерно так действовал и металлический кожух, окружавший узкий молекулярный пучок («струну») в первом генераторе Прохорова и Басова. Настроенный на какую-то одну волну, он возбуждал и поддерживал именно ее, заставляя лавинообразно разрастаться поток одинаковых радиоквантов, исторгнутых возбужденными частицами. Для этого дистанция между его стенками подбиралась так, чтобы на ней укладывалась ровно одна половинка волны. Или две, три — лишь бы число их было целым.

Если же перейти от сантиметровых волн к миллиметровым, затем микронным (инфракрасный диапазон) и субмикронным (видимый свет), как тогда изготовить основной узел прибора? Неужто придется делать микроскопический ящичек?

В 1958 году А. М. Прохоров предлагает иное,

принципиально новое конструктивное решение. Отражающие противоположные стенки, говорит он, могут быть раздвинуты на расстояние, которое в сотни и тысячи, если угодно, в сотни тысяч раз превосходит длину волны-коротышки. Надо лишь, чтобы на нем по-прежнему умещалось целое число полуволн. Чтобы выделить нужную разновидность колебаний, резонатор придется тонко юстировать. Ясно, что полировка торцов требуется идеальная: шероховатости не должны превышать длину падающей на них волны. А боковые стенки не нужны, от былой замкнутой трубки можно оставить лишь зеркальные донца. В наши дни все лазеры работают на основе открытых резонаторов. Боковые отражатели, имеющиеся в генераторах радиодиапазона, здесь отсутствуют. Путь наружу лучу преграждают только торцы. И кванты, которые устремились перпендикулярно к поверхности двух противолежащих зеркал, не смогут до какого-то момента выйти вон. Тысячекратно отражаясь, они будут при столкновении с частицами всякий раз вызывать вынужденное испускание фотона. Такой возвратно-поступательный поток начнет стремительно наращивать свою мощь.

Хорошо, а как же мечущийся туда-сюда луч-пленник вырвется наружу?

Сорок лет тому назад академик С. И. Вавилов и его сотрудник В. Л. Левшин описали замечательное явление. Желто-зеленое урановое стекло внезапно начинало лучше пропускать видимые лучи, когда яркость падающего на него света переваливала за какой-то предел. Правда, увеличение прозрачности не было большим, оно не превышало нескольких процентов, тем не менее открытие советских ученых имело огромное принципиальное значение: ведь коэффициент поглощения считался раньше величиной устойчивой, постоянной. На деле же оказалось, что он способен изменяться. Подобные эффекты нашли применение в лазерах. Созданы специальные оптические фильтры-затворы. Они не дают электромагнитному полю внутри резонатора разрядиться раньше срока. Но как только световой поток достигает огромной

мощности, он сам прокладывает себе «зеленую улицу» в веществе.

В других случаях одно из зеркал снабжается глазком — к нему луч, многократно отражаясь, подбирается постепенно.

Не так ли исподволь нараставший накал многочисленных исследований вылился в ослепительную вспышку изобретательской мысли, прорвавшуюся лазерным лучом через заслоны неизведанного?

Потоки когерентного света ведут себя совсем иначе, чем те, с которыми до сих пор имела дело оптика. В лазерном луче кванты равномощны и одинаково направлены; они наступают не редкой разношерстной толпой, не врассыпную, а тесно сомкнутыми шеренгами, как бы в ногу, плечом к плечу. Такая сплоченность боевых порядков способна утроить и учетверить ударную мощь многофотонной фаланги. То ли будет, когда (если!) появятся рентгеновские и гамма-лазеры! Ультрафиолетовые уже существуют.

Луч можно перекрасить!

Зловонное исчадие выхлопных труб, тянущееся шлейфом позади автомобиля, на темном фоне кажется сизым. Но взгляните сквозь дым на снег: облачко неожиданно предстанет перед вашими глазами... бурым! Ясно, что скопище мельчайших крупинок не обладает собственным цветом — в отличие, скажем, от чернил. Его окраска обусловлена рассеянием света. Правда, облака тоже состоят из крохотных частичек. Между тем плывут над нами восхитительными белоснежными клубами. Вся хитрость тут вот в чем: составляющие их водяные капельки крупнее дымовых — тех, что образованы из дегтеподобной жидкости, возникающей при горении топлива. И рассеивают свет иначе — все волны примерно одинаково, без особого пристрастия к сиреневым тонам.

Открыв эти законы, английский физик Рэлей на грани нашего и минувшего века объяснил многократно воспетую лириками переменчивую окраску неба.

Ее виновники — молекулы воздуха, считал он. Они мельче крупинок дыма и, стало быть, рассеивая солнечный свет, еще пуще выметают из него голубизну, «насыщая» ею атмосферу. Потому-то полуденное небо и напоминает «синий шелк», а солнечный лик с земной поверхности кажется желтее, чем он есть на самом деле. Иное дело утром и вечером. Солнечные лучи по отношению к нам падают уже не отвесно, а косо. Путь, который пробегают они в атмосфере, отбирающей у них синеву, длиннее. Свет достигает наших глаз, уже растеряв по дороге почти весь свой «небесный цвет». Лишившись сине-фиолетового слагаемого своей семицветной гаммы, он проникает в наши зрачки покрасневшим (вспомните «бурый» дым!).

Базируясь на выводах Рэлея, патриарх квантовой физики Макс Планк создал стройную теорию, объяснившую ослабление света при его прохождении через прозрачную, оптически однородную среду. Минули годы, прежде чем обнаружилось: фундаментальная постройка, возведенная двумя крупнейшими зодчими физики, не что иное, как воздушный замок.

Мираж был рассеян нашим соотечественником, впоследствии академиком, видным советским физиком, а тогда совсем еще молодым доктором натуральной философии Леонидом Мандельштамом. Ученый убедился, что оптически однородная среда не способна рассеивать свет. Не отдельные молекулы, равномерно распределенные в объеме, обусловливают цвет неба, ибо они чересчур малы для этого, а их случайные скопления: в газовой среде беспрерывно возникают и тут же рассасываются, умирают и снова рождаются микронеоднородности, флуктуации, когда в одном месте «густо», а по соседству «пусто». Каждый такой мимолетный сгусточек (он меньше длины световой волны) действует под стать дымовой частице. Но если крупинка или капелька — образование устойчивое, долговечное, то локальное уплотнение в газе, напротив, эфемерно, неуловимо быстротечно. Периодически сменяясь разрежением, оно то сильнее, то слабее рассеивает свет. Эта искрометная рябь должна придавать

воздушному океану игристость шампанского. Атмосфера должна мерцать! Но если даже газоразрядные лампы, моргающие относительно редко (периодичность — 50 герц) создают иллюзию непрерывного сияния, то стоит ли говорить о более высокочастотных и слабых, к тому же еще микроскопических небесных вспышках? Их не так-то просто обнаружить даже чувствительнейшей аппаратурой.

На чисто физические препятствия накладывались трудности иного толка — сугубо прозаические, материальные. В 1925 году, когда Мандельштам приступил к заведованию кафедрой на физическом факультете Московского университета, лаборатории не могли похвастать первоклассным оборудованием, как сейчас. Порой не хватало самых простых приборов, самых необходимых материалов. В такой обстановке сошлись пути двух советских ученых: Л. И. Мандельштама и Г. С. Ландсберга. Теоретическая зоркость первого и экспериментальное остроумие второго сделали возможным изящное исследование, которое привело к новому замечательному открытию.

Пусть мигания, порожденные уплотнениями, недоступны прямой регистрации. Но они должны проявляться косвенно — в изменении частоты рассеянного света. Именно этот эффект решили проанализировать Мандельштам и Ландсберг. Правда, не в воздухе. В кварце (хрустале). Ибо явление, которое они собирались изучать, универсально, оно имеет место в любых прозрачных средах, в кристалле же его скорее удастся выделить в наиболее чистом виде.

Геометрически правильной пространственной структуре твердого тела свойственны мимолетные самопроизвольные искажения, местные деформации. Всякое случайное уплотнение тотчас же передается, как по цепочке, вширь и вглубь, разбегаясь волной по всему объему. Это фононы («звуковые кванты»). Самого термина тогда еще не знали (его предложил И. Е. Тамм лишь в 1934 году), но периодические возмущения в кристалле были хорошо изучены. Именно они, коллективные движения, а не индивидуальные

атомы кварца должны рассеивать свет. Расчеты показали: если впустить в кристалл не белый световой поток, а одноцветный (скажем, фиолетовый), то на его фотоны повлияют те фононы, частота которых равна примерно 10 тысячам мегагерц. Это в 70 тысяч раз меньше, чем у самой рассеиваемой волны (700 миллионов мегагерц), значит, ни о каком резонансном взаимодействии речи быть не может. Зато можно говорить о модуляции.

Воспользуемся акустической аналогией — пусть перед нами дрожит гитарная струна. Начните ритмично покачивать гриф инструмента — вы услышите «биения»: звук то замирает, то усиливается в такт вашим движениям. Наложив низкочастотное колебание на высокочастотное, вы осуществили модуляцию. Нечто подобное ожидалось Мандельштамом и Ландсбергом, разве только в области оптики: у них звуком модулировались электромагнитные колебания. Предполагалось, что рассеянный луч будет отличаться своей частотой (цветом) от первичного на мизерную величину — тысячные доли процента. Но случилось иначе.

Разница в длинах волн оказалась настолько резкой, что никак не укладывалась в рамки прежней теории. Не ошибка ли? Многократная перепроверка лишь подтвердила: налицо неизвестный эффект, которым полностью маскировался тот, ожидаемый.

Не сразу ученые нашли ему объяснение. А когда нашли, то, прежде чем заявить во всеуслышание о своем открытии, решили подвергнуть гипотезу всестороннему испытанию.

В начале 1928 года огромная работа была завершена. Мандельштам и Ландсберг направили описание своих опытов вместе с исчерпывающей теоретической интерпретацией полученных результатов в немецкий журнал «Натурвиссеншафтен» и одновременно в «Журнал русского физико-химического общества». Вскоре рукопись вернулась из Германии: редакция просила сократить ее. Авторы выполнили это требование и снова отослали статью. До выхода

номера в свет оставалось несколько недель, как вдруг...

Просматривая мартовскую очередную тетрадь «Нэйчур», Мандельштам и Ландсберг увидели сводку экспериментальных результатов, похожую на их собственную! Сообщение в британский еженедельник пришло с берегов Ганга от Ч. В. Рамана и К. С. Кришнана. Да, они тоже столкнулись с аномальным увеличением длины волны в опытах по рассеянию света, только не в твердом теле, а в жидкостях и газах. Потом выяснилось: индусы, едва получив первые результаты, поспешили отправить в Лондон победную каблограмму. Но чем внимательней вчитывались москвичи в куцую заметку своих калькуттских коллег, тем яснее становилась ошибка индийских физиков. Сообщение называлось «Оптический вариант эффекта Комптона».

Еще в 1923 году американский ученый А. Х. Комптон установил, что рентгеновы и гамма-лучи взаимодействуют с веществом не так, как видимые, которые менее энергичны. И уж тем более не так, как радиоволны, которые совсем слабосильны.

Известно, что электрон способен впитать угодившую в него порцию света, возбудиться, а потом, переходя в прежнее состояние, возвратить ее целиком в том же качестве и количестве. У фотона, выпущенного таким образом на свободу, частота (длина волны) остается той же, какой была до «пленения», изменяется лишь первоначальное направление его движения. Гамма-квант — мощнейший сгусток электромагнитного поля. Он не поглощается целиком, а теряет лишь жалкие крохи своей энергии, но и их достаточно, чтобы выбить электрон «из седла». Похоже, будто взаимодействуют не волна и частица, а две корпускулы, сшибаясь, как движущийся бильярдный шар с покоящимся. (Кстати, по словам Сергея Ивановича Вавилова, эффект Комптона есть не что иное, как осуществление лебедевского опыта по световому давлению, только не в макро-, а в микромасштабах — в элементарном процессе.)

Жесткое излучение, покинув атакованное им ве-

щество, оказывается мягче; длина его волны увеличивается.

«Оптическое подобие эффекту Комптона очевидно, — писали Раман и Кришнан, — за исключением одного: мы имеем дело с гораздо большим изменением длины волны...» Вот именно: гораздо большим, чем благодаря эффекту Комптона...

Нет, здесь другой механизм! Перед нами совершенно новое явление, оно не имеет прецедентов среди уже известных науке. Так заявили в своей статье Мандельштам и Ландсберг. Причина кроется не в деформациях решетки, модулирующих световую волну, как считали раньше сами авторы, и не в упругом рассеянии фотонов электронами по Комптону, как думают Раман и Кришнан, а в вибрациях атомов внутри каждой молекулы, то растягивающих, то сжимающих пружинку химической связи. Этот процесс быстрее, энергичней, ему свойственна в сотни раз более высокая частота, чем фононам, — десятки миллионов мегагерц. Потому-то его влияние и сказывается намного заметнее. Частота внутримолекулярных колебаний либо приплюсовывается к модулируемой, либо вычитается из нее. Такая комбинация дает целый набор волн — у одних результирующая частота равна сумме первоначальной и модулирующей, у других — их разности, у третьих сохраняется неизменной. Вращение молекул также накладывает свой отпечаток на излучение, проходящее через прозрачную среду.

Комбинационным рассеянием назвали Мандельштам и Ландсберг это исключительно важное для исследовательской практики явление, ими открытое и обоснованное. С их толкованием Раман и Кришнан сразу же и полностью согласились.

А в 1930 году Раману вручили Нобелевскую премию.

Вот как комментирует это событие автор исторических очерков о физике А. Ливанова: «Сыграли ли тут роль политические причины — ведь советским ученым в течение многих лет не присуждали Нобелевских премий — или какие-нибудь еще, но так или

иначе премию получил один Раман. Решение Нобелевского комитета навсегда останется актом крайней несправедливости. Наши ученые раньше открыли явление, полнее его исследовали, точнее описали и правильнее объяснили». Кстати, знаменитый геттингенский теоретик Макс Борн в знак протеста против дискриминации советских физиков вышел из состава Нобелевского комитета.

Ныне комбинационное рассеяние света, широко используемое в спектроскопии молекул, нашло еще одно применение. Американская фирма «Хьюз эйркрафт» в декабре 1962 года испытала квантовый генератор нового типа. В нем рассеивающей средой служили органические жидкости — бензол и толуол. Прошедший сквозь них луч рубинового лазера подвергся частотному преобразованию, правда, по несколько иным законам, чем в классическом результате Мандельштама и Ландсберга.

Луч лазера вписал новый параграф в классическую главу физики — оптику.

Мощный когерентный поток, ворвавшийся в вещество, подобен цунами. Его электромагнитное поле с огромной силой раскачивает заряды во встречных атомах, изменяя оптические свойства среды в своем собственном ритме. Эти навязанные колебания не остаются в долгу. «Возмутитель спокойствия» тотчас испытывает их обратное воздействие: световая волна удваивает частоту. Она сама себя модулирует! Так с помощью специально подобранных кристаллов можно утроить и учетверить ее периодичность.

Представляете масштабы? Учетверить! В опытах Мандельштама и Ландсберга с кварцем ритм колебаний практически не учащался — увеличение темпа составляло жалкие доли процента. Здесь же — 300 процентов прироста! И надо думать, это не предел.

Уже удалось с помощью того же кварца преобразовать инфракрасный свет в зеленый, красный — в ультрафиолетовый. А если попытаться подобным же способом превратить ультрафиолетовые лучи квантового генератора в рентгеновы?

Лазирование в рентгеновском диапазоне требует нового типа резонаторов. Прежде всего потому, что жесткое излучение пройдет сквозь любые зеркала, не отражаясь и даже почти не «застревая» в них. Кроме того, резонансное поглощение для столь коротковолновых квантов много меньше во всех возбуждаемых средах, с которыми сейчас имеют дело физики. Но может, кто-то найдет принципиально иной подход?

Еще никому не ведома, еще никем не придумана та стратегема, с помощью которой ученые перехитрят упорствующую природу и создадут рентгеновский, а может и гамма-квантовый, генератор; но раз физика не налагает вето на такую возможность в принципе, то отчего же — она, несомненно, будет реализована. Впрочем, разве и без того мало перспектив у лазера?

Пистолет, стреляющий молнией

...Однажды в марте 1965 года с башни высотного здания МГУ раздался неслышный выстрел. Необычный пистолет был нацелен на один из домов в районе Зубовской площади — там находится подстанция Г-6 Арбатского телефонного узла. Над излучиной Москвы-реки протянулся тоненький, бесплотный, бесподобно прямолинейный кабель, состоявший из двух световых жилочек — вторая (обратная) тянулась от Г-6 к АВ-9.

Так началось приобщение лазерного луча к миру современной телефонии. Серийный отечественный газовый (гелий-неоновый) лазер типа ЛГ-34 дает непрерывный красный луч такой яркости, что хорошо виден даже днем. Свет улавливается фотоприемниками. Многие москвичи, говоря по телефону, даже и не догадываются, что их соединила световая линия...

«Качество передачи великолепное, — констатирует организатор эксперимента А. Г. Мурадян. — Мы

надеемся вскоре создать целую сеть лазерных телефонных линий, возможно, даже с использованием Останкинской телебашни, откуда световые «провода» протянутся ко всем узлам столицы».

Емкость светового диапазона баснословно велика: на полосе частот в 400 миллионов мегагерц, охватываемой им, можно одновременно передавать десятки миллионов радио- и телепрограмм, вести миллиарды телефонных переговоров (жителей на Земле сейчас 3 миллиарда).

Чего ж раньше никто не реализовал эти самоочевидные преимущества?

Отсутствовали источники когерентного, монохроматического излучения. Вернее, они имелись, но не в инфракрасной и оптической области спектра. Любая радиостанция дает высокоорганизованный, согласованный поток квантов-близнецов, если только можно назвать так упорядоченный цуг волн. Он способен служить безупречным носителем информации. Чтобы передать сигнал, остается отчеканить на этой череде колебаний определенные знаки в виде каких-то меток.

Вполне понятно, что чем меньше на переносчике естественных изъянов («шумов»), тем реже искажения, которым подвергаются передаваемые им сигналы. Колебания, порожденные квантовым генератором, почти идеальны: форма у них безупречна в своем плавном ритмическом однообразии.

В павильоне «Электроника» на ВДНХ демонстрируется опытная телевизионная установка, где изображение передается не радиоволнами от антенны к антенне, а многометровым световым лучиком, нацеленным в фотоприемник. Лучом серийного лазера ЛГ-24М — одного из многих типов, выпускаемых нашей промышленностью.

С каждым годом растет и разнообразится семья квантовых чудо-приборов, все многограннней становятся и их возможности.

Не далее как в июле 1960 года появился первенец квантовой электроники, работавший в оптическом диапазоне. Его сконструировал инженер амери-

канской фирмы «Хьюз эйркрафт» Теодор Мейман. Сердцем прибора был однородный рубиновый кристалл, по форме напоминавший сигарету, только тоньше и короче. Красная световая игла прошивала воздух короткими прерывистыми уколами.

Не прошло и трех лет, как наряду с импульсными появились лазеры непрерывного действия, наряду с кристаллическими — жидкостные и газовые; генерировались как невидимые (инфракрасные и ультрафиолетовые) лучи, так и видимые разных цветов, как мощные, так и слабые. Среди твердых материалов уже не только рубин использовался в качестве сердечника, но и шеелит, флюорит, а также другие минералы, наконец, стекло и пластмасса. В 1964 году на Международной лейпцигской ярмарке демонстрировались советские лазеры тринадцати типов. Сейчас большинство их сходит с конвейера, словно обычные электроосветительные аппараты.

Среди всего этого многообразия квантовых генераторов есть одна их категория, которая заслуживает особого внимания.

В конце 1962 года Н. Г. Басов и Б. М. Вул, объединив усилия своих лабораторий, создали одновременно с американскими учеными первые полупроводниковые лазеры, несмотря на явный скепсис, сквозивший всего несколько лет назад в выступлениях многих ученых на II Международной конференции по квантовой электронике.

Полупроводниковые представители лазерного семейства отнюдь не славятся мощностью. Напротив, они принадлежат к разряду «слабосильных», подобно газовым, только в отличие от них не обладают столь же высокой монохроматичностью генерируемого света. Да и луч их с расстоянием шире раздается в стороны, скорее теряет узость. Чем же тогда они интересны?

Прежде всего вот чем: их к. п. д. гораздо выше, чем у большинства других лазеров. Но это не все.

Мы уже имеем представление о размерах современных квантовых генераторов. Рубиновый «карандашик» в опытах Меймана был четырехсантиметровым

коротышкой с диаметром 5 миллиметров. Бывают стержни и побольше. Трубки газовых лазеров достигают десятиметровой длины. Все равно не так много, не правда ли? Ну, а полупроводниковые лазеры — как вы думаете, каких размеров они могут быть?

Микронных. Хотите верьте, хотите нет: за работу примутся едва различимые глазом кристаллики, у которых расстояние между гладкими противолежащими гранями (зеркалами) будет доведено до тысячных долей миллиметра. Такой микроскопический резонатор, сравнимый с длиной волны, в ответ на внешнее «раздражение» способен в миллион раз скорее приходить в состояние «боевой готовности», чтобы выстрелить светом. Когда лазерные кристаллики станут ячейками электронного мозга, быстродействие «думающих» устройств возрастет в тысячи, если не в миллионы раз — до триллионов операций в секунду.

«Создание полупроводниковых квантовых генераторов, — заявил президент Академии наук СССР М. В. Келдыш, — открывает новые перспективы технического прогресса, в частности, в области автоматики и приборостроения».

В 1964 году за эти работы члену-корреспонденту АН СССР Б. М. Вулу, кандидатам физико-математических наук О. Н. Крохину, Ю. М. Попову, А. П. Шотову (все фиановцы), докторам физико-математических наук Д. Н. Наследову, С. М. Рывкину, научным сотрудникам А. А. Рогачеву и Б. В. Царенкову (все из Ленинградского физико-технического института имени А. Ф. Иоффе АН СССР) вручена Ленинская премия.

Однородный, без внутренних дефектов, правильно сформированный кубик из арсенида галлия с ребром в миллиметр — таким крошкой он выглядит уже сегодня, этот поистине драгоценный светоносный камень, сделанный искусными руками советских людей. Каким он будет завтра?

Вчерашний первенец полупроводниковой квантовой электроники не одинок, у него уже появились собра-

тья — другие карликовые источники неистового света, готовые затмить само Солнце. Соединения галлия, индия, свинца, кадмия с мышьяком, сурьмой, фосфором, селеном, теллуром — все богаче ассортимент лазирующих материалов, все пестрее палитра частот, перекрытых их лучами в видимом и инфракрасном диапазоне.

Множится и семья лазеров-«ветеранов». От синтетического рубина до простого стекла — список твердых тел, рождающих луч, пополняется из года в год. А газы? Всего лет 13 назад заработал у Прохорова и Басова молекулярный генератор на аммиаке. В 1960 году советские исследователи В. К. Аблеков, М. Е. Песин и И. Л. Фабелинский, пропустив электрический разряд через смесь ртутных и цинковых паров, десятикратно усилили поток излучения. Пары ртути, цезия, других металлов сейчас успешно применяются в лазерной технике. Гелий, неон, аргон, криптон, ксенон... Наряду с этой благородной когортой мощно засветились кислород, азот с двуокисью углерода, даже пары воды. Правда, в отличие от инертных газов все они испускают излучение не путем электронных переходов, а благодаря колебательным движениям атомов в молекуле — тем самым, которые обусловливают комбинационное рассеяние. Коэффициент усиления у них меньше, поэтому трубки таких лазеров напоминают стеклянные колонны длиной в метры.

Уж коли физики дошли до газов, которыми мы дышим, то не заставят ли они лазировать обыкновенный воздух? А творец первого генератора на инертных газах американский физик Али Джаван поговаривает о создании... огненного лазера! Он считает, что когерентное излучение удастся получить от пламени, возникающего при горении некоторых веществ.

Уж не гаринские ли «пирамидки» шагнут в действительность из утопии Алексея Толстого?

На первый взгляд гаринские чертежи могут показаться чуть ли не патентной заявкой на рецепт квантового генератора. На деле же они не имеют с этим изобретением решительно ничего общего, кроме чисто

внешнего сходства. Но если Гарину не удалось предвосхитить принцип лазера, то нельзя отказать в прозорливости другому герою романа — коммунисту Шельге. Правда, слова Шельги касаются применения, а не изготовления прибора: «Опасность величайшая, неизмеримая грозит миру...»

«Икс-оружие», «пушки, стреляющие молнией», «лучи смерти» — за этими названиями, будто сошедшими со страниц фантастического романа, стоят вполне реальные ассигнования Пентагона на разработку наисовременнейших наступательных средств а-ля гаринский гиперболоид (проект «Дефендер»).

В марте 1962 года американский журнал, посвященный авиационной и космической технике, напечатал статью Б. Миллера «США приступают к программам лазерного вооружения».

Бесславно закончилась авантюра Гарина, употребившего гиперболоид на то, чтобы стать властелином мира. Несдобровать и тем, кто захочет сделать новое чудо света слугой тьмы, оружием насилия.

Трудно предугадать судьбы лазера, когда он возмужает, — ведь сейчас он переживает пору своего младенчества. Кто знал лет 60 назад, какое будущее ожидает радиоприемник или электронную лампу? А вспомните стремительную поступь расщепленного атома и космической ракеты!

Или историю радиолокации.

Эхо приходит с донесением

...Это был настоящий плавучий город, многоэтажный, шумный, густонаселенный. На борту лайнера водоизмещением 60 тысяч тонн находилось 1316 пассажиров и 890 членов экипажа. Он вышел в свой первый трансатлантический рейс.

14 апреля 1912 года в 23 часа 40 минут с формарса раздался хриплый возглас вахтенного матроса:

— Прямо по носу айсберг!

Мало кто почувствовал толчок: удар о подводный выступ ледяной глыбы казался слабым. Между тем

борт был располосован от носа до кормы; сквозь зияющую стометровую пробоину бурлящими потоками вливалась вода.

В 2 часа 20 минут «Титаник» пошел ко дну. Вместе с ним погибло полторы тысячи человек...

Если бы колесо истории повернулось вспять и капитан поставил наблюдателем самого опытного, самого зоркого в мире марсового, снабдив его лучшим биноклем и мощным прожектором, удалось бы избегнуть катастрофы? Такой гарантии нет. Массивная, неповоротливая махина, несущаяся с большой скоростью, не в этот раз, так в другой могла напороться на ледяной утес, на встречный корабль, незаметно подплывающий под покровом ночи или тумана; ведь физиологические возможности зрения, даже самого острого, даже при отличной погоде, не безграничны!

Навигационной технике было в пору хоть самой подавать сигналы «SOS». Ее выручила радиолокация.

...За стеклом иллюминатора — непроглядная мгла. Да еще туман и пурга. Сколько ни всматривайся в ночь, хоть до рези в глазах, — не видно ни зги. А кругом — плавучие льды. А позади — караван судов. Но атомоход «Ленин» уверенно держит путь. Перед штурманом круглое оконце, напоминающее не то иллюминатор, не то экран телевизора. По мерцающему зеленовато-голубому полю там и сям разбросаны светящиеся пятна. Здесь они образуют цепочку — это кромка берега. Точка чуть левее и выше — встречное судно. До него семь с половиной кабельтовых, до острова, что справа по борту, вдвое дальше — полторы мили. Непрерывно меняющаяся за бортом обстановка здесь как на ладони. И как стрелка по циферблату секундомера, только быстрее, все бегает и бегает по экрану индикатора неугомонный радиус-луч, прорисовывая объекты, выхваченные из тьмы и тумана. А на фок-мачте столь же неутомимо кружится решетчатая параболическая антенна — это она бдительно прощупывает пространство своим незримым лучом.

Весь советский флот дальнего плавания оснащен надежными всевидящими приборами отечественного производства.

Туго пришлось бы не только надводным кораблям, но также воздушным и космическим, если бы не радары. На самолетах, в портах и на аэродромах, на станциях слежения за спутниками — всюду исправно и неусыпно несут они свою верную службу.

А давно ли сама мысль о радиозрении, безотказно действующем в любое время суток и при любой погоде, казалась несбыточной мечтой?

Еще в 30-е годы широко в ходу были звукоулавливатели. Несколько громоздких раструбов, похожих на граммофонные, реагировали на сотрясение воздуха, донося до ушей «слухача» рокот мотора, — так удавалось узнать о приближении самолета, скрытого от глаз покровом ночи или облачной завесой. Удавалось с грехом пополам: ведь гул зачастую «сдувается» в сторону ветром, не слышен на больших расстояниях, да и доходит сравнительно медленно — на каждые 5 километров требуется целых 15 секунд; за это время даже «небесный тихоход» той эпохи успевал пройти больше километра.

И хотя начало 30-х годов ознаменовалось настоящим бумом вокруг автоматизированных «комбайнов», совмещавших в себе прожекторы со звукоулавливателями, постепенно складывалось трезвое мнение: как порознь, так и в виде новоиспеченных гибридов эти приборы обречены, они бесперспективны, сколько их ни совершенствуй. Но ничего лучшего пока не было в распоряжении ни у одной страны.

Ключ к решению проблемы лежит в радикально ином подходе. Зондирующее устройство должно полностью полагаться на собственное излучение, как прожектор, а не на «чужое», испускаемое объектом поисков, как в случае звукоулавливателя или теплопеленгатора. Только вместо световой надо найти другую энергую. Какую? Тоже электромагнитную, ибо она самая быстрая, самая дальнодействующая. Почему бы не использовать радиоволны?

Так примерно излагал свои мысли молодой инженер Павел Ощепков на совещании летом 1932 года. В Мурманске тогда уже действовала импульсная ионосферная станция, созданная в 1932 году под руководством профессора Михаила Александровича Бонч-Бруевича. Коротковолновое излучение, расходясь порциями от антенн во все стороны, достигало и верхних, «наэлектризованных», слоев атмосферы. Отразившись от них, оно частично возвращалось к земле, где улавливалось приемником. По длительности такого «радиорейса» определялась высота ионосферы, проводились и другие исследования.

А вот радиообнаружение сравнительно небольших объектов (самолетов, кораблей) многим казалось несерьезной затеей.

Радар... «Величайшим изобретением за последние полвека» назовет его после второй мировой войны Уинстон Черчилль, упирая на его боевой аспект и присовокупив, что его подарила миру именно британская нация. США будут оспаривать у Англии честь называться первооткрывателями. Не придя к единому мнению, историки напишут в официальном американском отчете: «Вероятно, эта идея возникла почти одновременно в Америке, Англии, Франции, Германии и даже в Японии».

СССР почему-то не окажется в списке. И лишь в 1946 году в журнале «Лук» появится статья Э. Реймонда и Дж. Хачертона (один из них бывший советник американского посольства в Москве), где прямо утверждается: «Советские ученые успешно разработали теорию радара за несколько лет до того, как радар был изобретен в Англии».

18 июня 1933 года П. К. Ощепков представил обстоятельный доклад на имя народного комиссара обороны, опубликованный после обсуждения в журнале «Сборник ПВО» за 1934 год. В докладе говорилось: «Если иметь источник генерирования ультракоротких, или дециметровых и даже сантиметровых электромагнитных волн, то, направляя луч на какой-либо предмет, можно всегда получить обратный электромагнит-

ный луч. Приняв такой отраженный луч, можно весьма точно определить не только направление на отражающую поверхность, но и место ее нахождения».

Так впервые в мире со всей определенностью была поставлена задача, техническое решение которой стало одним из величайших завоеваний XX века.

В конце лета 1933 года на официальном собеседовании с наркомом обороны К. Е. Ворошиловым и его первым заместителем М. Н. Тухачевским обсуждался вопрос о правительственном финансировании работ по радиолокации. П. К. Ощепков назвал сумму 250—300 тысяч рублей. Попросив детализировать программу исследований, Тухачевский отдал распоряжение включить ее в план важнейших дел наркомата на ближайшие годы.

А вот справка из официальной американской истории радара: «В 1935 году по настоянию вице-адмирала Боуэна конгресс США ассигновал Морской исследовательской лаборатории 100 тысяч долларов на научные работы. Это была первая сумма, отпущенная для развития радиолокационной техники...»

7 октября 1934 года маршал Тухачевский направил секретарю ЦК ВКП(б) Сергею Мироновичу Кирову такое письмо: «Опыты по обнаружению самолетов с помощью электромагнитного луча подтвердили правильность положенного в основу принципа. Итоги проведенной научно-исследовательской работы делают возможным приступить к сооружению опытной разведывательной станции ПВО, обеспечивающей обнаружение самолетов в условиях плохой видимости, ночью, а также на больших высотах (до 10 тысяч метров и выше) с дальностью до 50—200 километров... Прошу Вас не отказать помочь инженеру-изобретателю тов. Ощепкову П. К. в продвижении и всемерном ускорении его заказов на ленинградских заводах «Светлана», ЦРЛ и др.».

В США первый контракт с промышленными фирмами на изготовление шести станций для обнаружения самолетов был подписан в октябре 1939 года.

26 октября 1934 года один из советских заводов получил правительственные заказы «Вега» и «Конус» на постройку пяти таких станций — сразу же после опробования первой опытной установки «Рапид» в июле — августе того же года.

В 1936 году проходил полигонные испытания макет зенитного радиолокатора «Буря», вышедший из стен НИИ-9 (директор М. А. Бонч-Бруевич). Одна из двух параболических антенн посылала непрерывно 18-сантиметровые волны, другая принимала их «отзвук». Самолет «нащупывался» на расстоянии свыше 10 километров.

В 1937 году импульсную радиолокационную технику у нас представляло выпестованное Ощепковым многообещающее детище Физико-технического института и лаборатории, подведомственной Управлению ПВО. Сердцем прибора была импульсная генераторная лампа ИГ-8, созданная В. В. Цимбалиным. Всего через год за первой моделью последовала вторая — она «видела» самолеты на расстоянии 50 километров.

А в 1939 году в районе Севастополя заработала станция «Редут» с дальностью обзора 150 километров — на 20 километров больше, чем у радиолокатора «прибор Фрея», которым к этому времени располагали немцы. Вскоре появился ее вариант с одной антенной (приемной и передающей одновременно) — «Пегматит». Вместе с ним на вооружение поступила и модификация РУС-2. По свидетельству генерал-лейтенанта М. М. Лобанова, одного из пионеров отечественной радиолокации, РУС-2 и «Пегматит» простотой устройства и эксплуатации, надежностью в работе и экономичностью «значительно превосходили станции США, Англии и Германии аналогичного тактического назначения». Нашей промышленностью их было выпущено несколько сот экземпляров. А полученные в небольшом количестве по ленд-лизу американские и английские радары не оказали существенного влияния на усиление войск ПВО.

Бесспорно, тогдашняя аппаратура оставляла же-

лать много лучшего — разве сравнить ее с теперешней? Но без практики не выявились бы и ее конструктивные недуги. Впрочем, в какой стране какой новорожденный смог избежать детских болезней?

Вот, например, как обстояли дела у англичан в 1940 году. «Конструкция радаров не была еще окончательно отработана, — пишет Р. Кларк в книге «Рождение бомбы». — ...Передатчик БПО (береговая противолодочная оборона), работавший весьма успешно, изготовляли при помощи ножовки и некоторых других столь же «совершенных» инструментов. Сами установки были чрезвычайно примитивными».

А ведь в тот момент англичане определенно лидировали, находясь «далеко впереди» заокеанских союзников, которые тогда же, как дает понять Кларк, воспользовались британским секретом «черного ящика» (конспиративный псевдоним радара), чтобы потом, уже после войны, отстаивать свой приоритет. Наконец, американцы пришли к такой формулировке: «Идея радиолокации возникла независимо у различных лиц и в разных странах мира после того, как импульсная техника оказалась пригодной для обнаружения таких объектов, как самолеты и корабли».

«После того, как...» Чтобы какая бы там ни было техника подошла для радиоразведки в небе и на море, ее предстояло сперва задумать и создать специально для этого, заранее, не говоря уж о необходимости поставить саму цель! Так что, пожалуй, ничего невероятного нет в предположении П. К. Ощепкова: «Первые наши успехи, по-видимому, и послужили толчком к тому, что «разные лица» и «разные страны» вдруг... возгорелись страстью к этой технике...»

Короткие волны—долгий путь

Радиолампам по причине их слабосильности долго и упорно отказывали в видах на сколько-нибудь значительное будущее. И вдруг в октябре 1919 года довольно странно прозвучало заявление, что они вопре-

ки всеобщему скепсису со временем сыграют «весьма важную роль».

Это интересное пророчество высказал М. А. Бонч-Бруевич, который еще в 1915 году сконструировал первую в России вакуумную электронную лампу.

Семимильными шагами двинулась вперед наша электровакуумная промышленность после революции. В 1920 году на Ходынке уже эксплуатировался радиопередатчик, собранный на отечественных лампах. А через три года пришел заказ от знаменитой немецкой фирмы «Телефункен» на советские 25-киловаттные радиолампы, которые были в пять раз мощнее самых лучших германских.

Однако при освоении диапазона УКВ королева радиотехники, быстро завоевавшая симпатии во всем мире, внезапно объявила саботаж. Почему? Вспомните ее классическую схему: катод, анод, а между ними сетка. Промежуточный электрод добавлен для того, чтобы управлять электронами, несущимися от катода к аноду. Он играет роль шлюза, способного то задерживать поток частиц, то подгонять его, — так рождаются колебания. Длинноволновые и коротковолновые. По сравнению с их периодом время пробега электронов от катода к аноду пренебрежимо мало. Но при столь быстрых изменениях электромагнитного поля, как в области УКВ, система отказывает — здесь проявляется ее неповоротливость.

В 1935 году А. Н. Арсеньева построила первые электровакуумные приборы, исправно работавшие на сверхвысоких частотах, при которых классическая радиолампа бастовала, «захлебывалась». Так появился генератор, названный «клистроном» (в переводе с греческого — «морской прибой»). В нем роль колебательных контуров с их конденсаторами и катушками индуктивности, подключаемыми к обычному триоду снаружи, исполняют объемные резонаторы — полые медные «бублики», которые вмонтированы прямо в корпус лампы. Они опоясывают кольцами продолговатый цилиндрический баллон, внутри которого непрерывно течет электронная струя; в ней (опять-таки с помощью сеток) искусственно возбуждается своего

рода «рябь», причем сгущения и разрежения, вызванные ускорением и замедлением частиц, чередуются здесь гораздо стремительней, нежели в обычном ламповом генераторе.

В 1937—1939 годах В. Ф. Коваленко и Н. Д. Девятков изобрели клистрон нового типа — уже не пролетный, а отражательный. Здесь модуляцию электронного пучка осуществляет особое «зеркало», поворачивающее поток частиц вспять.

Наряду с «лампой морского прибоя» решающую роль в развитии радиолокации сыграл магнетрон. В нем электронный поток напоминает уже не «ручеек», а «водоворот», регулируется он не электрическим, а магнитным полем. Катод, сделанный в виде трубки, окружен здесь массивным металлическим футляром-анодом, в котором симметричной розеткой высверлены фигурные отверстия — резонаторы. В них электронными вихрями порождаются электромагнитные колебания. Опять-таки сверхвысокочастотные: подобно клистрону, магнетрон способен генерировать волны вплоть до миллиметровых.

Этот мощный многорезонаторный прибор, ставший образцом для его современных разновидностей, впервые сконструирован В. П. Илясовым в 1937—1939 годах. Одновременно свою схему такого же магнетрона предложили инженеры Н. Ф. Алексеев и Д. Е. Маляров. В 1940 году они подробно описали свое изобретение в открытой печати (англичане держали в строжайшем секрете подобные разработки, считая их не менее важными, чем создание атомной бомбы).

Аттестуя изобретение радара как величайшее достижение за последние полвека, Черчилль имел в виду его военное значение. Да, локатор помогал нашим союзникам и нам обезвреживать тучи огнехлещущей фашистской саранчи. Но разве на этом окончилась его миссия?

В 1944 году, когда незримый электромагнитный щуп участвовал в битвах на суше, на море, в воздухе, советские физики Л. И. Мандельштам и

Н. Д. Папалекси уже думали о его мирной судьбе, о его космических маршрутах. Теоретическими расчетами они обосновали возможность лоцировать Луну, хотя эта надежда по тем временам казалась оторванной от реальной почвы, если не сказать — просто безумной: до нашего естественного спутника около 400 тысяч километров.

«Мир. СССР. Ленин»... Три дорогих нам слова. В ноябре 1962 года их принесли электромагнитные волны, отраженные Венерой. Впервые в мировой практике установлена радиотелеграфная связь с использованием «утренней звезды» в качестве зеркала.

«Англия. Радастра. Маклесфилд. Ловеллу. Будем работать по Венере 8 и 9 января с 11 до 14. Котельников». Буднично и лаконично: работать, вести исследования, устанавливая контакт через посредство планеты, а что, собственно, тут особенного? Такую телеграмму в начале 1966 года отправил академик Владимир Александрович Котельников, директор Института радиотехники и электроники АН СССР, профессору Бернарду Ловеллу, директору британской обсерватории Джодрелл Бэнк. Вскоре пришел ответ: «Москва. Аэлита. Сигнал от Венеры принят». Космический радиомост продолжает действовать.

Если вылить стакан кипятку в море с европейского берега, а потом зачерпнуть то же количество воды где-то у Кубы, удастся ли определить, как нагрелся Мировой океан? По расчетам члена-корреспондента АН СССР В. И. Сифорова, сигнал, даже самый мощный, вернувшись с Венеры, примерно в такой же степени растеряет свою энергию, постепенно растворится в шорохах вселенной, будет забит собственными шумами приемной аппаратуры. Чтобы выделить его, нужны архичувствительные приемники, остроумные радиотехнические схемы.

Не удивительно, что попытки лоцировать Венеру, предпринятые в 1958 году США и в 1959-м Англией, окончились неудачей. Но, может, их и не стоило продолжать? Какой, собственно, прок от этой затеи?

В 1957 году советский спутник открыл эру освое-

ния вселенной. Автоматические станции отправились к далеким планетам. Между тем точность, с какой астрономам известны расстояния до ближайших небесных тел и вообще масштабы солнечной системы, не удовлетворяет сегодняшнюю космонавтику. Погрешность в 0,2 процента вроде бы невелика. А ведь она, если речь идет о дистанции между Землей и Венерой, оборачивается доброй сотней тысяч километров! При запуске с такой ошибкой промах гарантирован. Только «радиодальномер» способен выручить в создавшейся ситуации. Однако этим не ограничиваются выгоды от локации.

«М. В. Ломоносов открыл, что Венера окружена атмосферой, — говорится в энциклопедии. — Период вращения Венеры вокруг оси точно не установлен». Да потому и не установлен, что окружена, и не просто атмосферой, а «знатной» пеленой облаков. Оптические методы наблюдения тут вынуждены спасовать. Луч же радара пронзает облака и туманы. О чем он может рассказать?

Космическое эхо рассказало, например, что суточное вращение у Венеры происходит не так, как у Земли и прочих планет солнечной системы: несется-то она по околосолнечной орбите вперед, а вот кружится при этом не как шар, катящийся от вас по бильярдному столу, а назад (так противоестественно ведут себя иногда колеса автомобиля на киноэкране). Это открытие член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский считает выдающимся достижением астрономии. Что же касается периода вращения, то, по последним данным, он составляет 247 суток 8 часов.

Впервые наш радиолуч ушел в сторону «утренней звезды» 18 апреля 1961 года. А приняв от Венеры радиограмму-бумеранг «Мир. СССР. Ленин», переданную с Земли точками и тире азбуки Морзе, советские исследователи в 100 раз точнее определили основу всех измерений современных «звездочетов» — астрономическую единицу (среднее расстояние от Земли до Солнца).

В 1964 году за радиолокационные исследования

Марса, Венеры и Меркурия удостоены Ленинской премии академик В. А. Котельников, доктор технических наук М. Д. Кислик, научные сотрудники Института радиотехники и электроники В. М. Дубровин, В. А. Морозов, Г. М. Петров, О. Н. Ржига, А. М. Шаховской, начальник лаборатории Государственного научно-исследовательского института Министерства связи СССР кандидат технических наук В. П. Минашин.

И снова бросок — теперь уже к Юпитеру, на 600 миллионов километров! История радиолокации зарегистрировала небывалый рекорд дальности; прежний, установленный при осмотре Меркурия, был не просто побит, но и перекрыт в несколько раз.

То, о чем здесь рассказано, составляет предмет «активной» радиоастрономии. Между тем еще есть и «пассивная» — она занимается прослушиванием собственного «радиошепота» небесных тел, а не отраженных ими сигналов — зычных земных «ау».

Звезды, кресты и антенны

Еще в начале 40-х годов операторы военных радаров подметили одно странное явление. Когда антенны смотрели на восток, то станции начинали «барахлить», причем не когда-нибудь, а утром, на заре. Поначалу думали, будто противник нарочно создает помехи. Не сразу установили: виновником шумов было само Солнце!

В 1948 году И. С. Шкловский высказал предположение, что Крабовидная туманность тоже должна быть щедрым поставщиком радиоизлучения. Год спустя австралийские ученые, обшаривая небо антеннами-приемниками, подтвердили эту догадку. Вскоре выяснились удивительные вещи. Если бы наше зрение обрело чувствительность не в оптическом, а в УКВ-диапазоне, то нам представилась бы совершенно непривычная картина: многие хорошо знакомые светила померкли, а те, что раньше прятались от глаз, вдруг заполыхали огненными факелами. Засияли бы новые

звезды, причем две из них в сотни раз ярче нашего доброго старого Солнца!

Дозорные неба словно прозрели, лишний раз почувствовав, как беспомощно слепы были их предшественники всего 15—20 лет назад. Достаточно сказать, что остатки звезды Сверхновой Тихо Браге, сразу же с головой выдавшие себя своим радиоизлучением, до сего момента упорно скрываются от охотящихся за ними оптических телескопов.

Насколько проницательнее стал пытливый взгляд ученого после изобретения радиотелескопа!

И разве не достоин этот агрегат занять пьедестал, уготованный чуду света?

...Издали он выглядит как гриб со шляпкой набекрень. Вблизи же это могучая махина ростом с многоэтажный дом. «Ножкой» ее служит опорно-поворотное устройство, напоминающее карусель, — оно легко двигается с помощью электропривода. Ажурный скелет, составленный из трубчатых стальных «костей», поддерживает 65-тонную металлическую «шляпку» — антенну диаметром 22 метра.

Главные узлы этой замечательной машины рассчитывались в Физическом институте имени Лебедева АН СССР под руководством А. Е. Саломоновича и П. Д. Калачева. Место для нее выбрано в тихом подмосковном уголке около Серпухова, где отсутствуют источники сильных радиопомех. Осенью 1966 года, на берегу Голубого залива близ Симеиза (Крым) пущен усовершенствованный вариант того же радиотелескопа (РТ-22), также оснащенный парамагнитным усилителем. Он способен принимать излучение с длиной волны вплоть до 4 миллиметров, тогда как серпуховский — до 8. Необходимую точность обеспечить тем труднее, чем короче рабочая волна: десятая доля ее длины — верхний предел для размеров шероховатостей на внутренней глади зеркала. Значит, для Симеизского рефлектора этот допуск не превышал полумиллиметра! Нужно было, кроме того, соблюсти все предосторожности, чтобы тяжелая конструкция не прогибалась под действием собственного веса или под напором ветра, чтобы свести к ми-

нимуму влияние тепла и холода: ведь металл, как известно, при нагревании расширяется, а при остывании сжимается, причем периодически — от дня к ночи, от лета к зиме. РТ-22 среди установок своего класса не имеет себе равных. Во всяком случае, по разрешающей способности — главной характеристике, которая показывает, хорошо ли различает прибор слабые и близкие, почти сливающиеся для другого радиоизлучатели, четко ли определяет их границы, насколько точно он наводится на невидимую «мишень».

Погоня за более высокой чуткостью радиоуха, за его способностью улавливать самый тихий шепот небес породила настоящую гигантоманию. Есть параболические чаши и в 66 метров (Австралия), и в 76 (Англия), и даже 94 (США). А недавно в Пуэрто-Рико закончено строительство радиотелескопа в 300 метров поперечником! Правда, исполинское блюдце совершенно неподвижно; оно вмонтировано в кратер потухшего вулкана. Точностью обработки оно, как и другие перечисленные здесь колоссы, тоже уступает нашему РТ-22.

Увеличение габаритов усугубляет уже упомянутые трудности в решении инженерных проблем.

В стремлении обойти технические препоны ученые пошли на хитрость. В 1952 году советские физики С. Э. Хайкин и Н. Л. Кайдановский предложили новый принцип. Вместо того чтобы строить одну цельную «сверхчашу», можно как бы загодя расчленить ее на дольки, а те развернуть в каре на большой площади, словно кавалеристов на плацу. Отдельные антенны, а их можно разместить в виде концентрических колец, в шашечном порядке или любым иным способом, несут свой дозор согласованно: их наблюдения суммируются в целостную картину. Одно из таких решений осуществлено у нас в Харькове под руководством члена-корреспондента АН УССР С Я. Брауде. Другое — в Пулкове, близ Ленинграда, профессором С. Э. Хайкиным и Н. Л. Кайдановским: 90 тесно примыкающих друг к другу щитов образуют дугу протяженностью в 130 метров. А вот телескоп, сконструи-

рованный профессором В. В. Виткевичем и П. Д. Калачевым, имеет форму креста. Каждая из двух взаимно перпендикулярных шеренг протянулась на целый километр, причем ни ту, ни другую нельзя назвать многоэлементной — они представляют собой сплошные «корыта». Высота установок достигает 40 метров. Расположено это чудо техники на радиоастрономической станции ФИАНа рядом с тем же Серпуховом.

Если приземистая крестовина радиотелескопа находится у южного форпоста Московской области, то на северной окраине столицы стоит другой колосс, московский, весь в красных звездах предупредительных огней.

Фаросский маяк, чудо древнего мира, достигал в высоту 170 метров. Его давно превзошли здания нашей эры. МГУ на Ленинских горах — 230 метров. Ажурная пирамида инженера Эйфеля в Париже — 300. Небоскреб Эмпайр стэйт билдинг в Нью-Йорке — 408. И вот — колосс Останкинский...

Из телебашен самой долговязой до последнего времени была 480-метровая американская; ей уступала лишь японская. Среди мачт, которые отличаются от башен тем, что им необходимы растяжки, до сих пор лидирует американская — 564 метра. Московский полукилометровой игле не нужны расчалки или иные крепления: она надежно опирается десятью «ногами» на банкетки фундамента, сделанного из монолитного струнобетона — в его твердокаменных мышцах напряглись стальные жилы. Внутри узкого, как спиннинг, ствола натянуто 150 стальных тросов — ему не страшен даже десятибалльный шторм, вырывающий деревья с корнем. Применение сверхпрочных армированных материалов позволило сэкономить на весе всей конструкции. И все равно изящное, как тростинка, тело башни весит немало — 32 тысячи тонн!

Перед нами самое настоящее многоэтажное здание — с дверьми, со стенами, с окнами, с балконами, с лифтами, причем сверхскоростными, с телевизионными и радиостудиями, с метеорологическими лабораториями, даже со своим рестораном, который

вращается вокруг оси башни. И конечно же, с радиотелевизионной антенной — пустотелой спицей длиной около 150 и диаметром 14 метров.

Авторы проекта — член-корреспондент Академии строительства и архитектуры СССР Н. В. Никитин, архитекторы Л. И. Баталов, Д. И. Бурдин и другие.

9 программ (из них 2 цветные) будет передавать новая московская цитадель телевидения.

Итак, перед нами две гигантские антенны: останкинская и серпуховская — одна буравит небо, другая припала к земле, первая передает сигналы для тех, кто внизу и поблизости от нее, вторая — принимает шумы сверху из дальних космических далей... Какой разительный контраст! Но и сходство тоже немалое. Оба чуда техники сотворены человеческим гением, чтобы управлять стихией электромагнитных волн. Это объединяет радиотелескопы и радиолокаторы, квантовые усилители и генераторы с телеантеннами. Правда, телевидение оперирует не только потоками радиоквантов. Оно — и прежде всего именно в этом его специфика — формирует в пучки скопища частиц — электронов. Организует их, чтобы управлять ими. Впрочем, так ли уж далеки друг от друга волна и частица?

Чего там говорить, давно стало трюизмом: четкой границы между частицей и волной нет. А коли так, то нельзя ли «генерировать» столь же высокоорганизованные, плотные и остронаправленные пучки частиц, как и поток когерентных фотонов, вырывающийся из лазера?

«Высокоразвитая цивилизация, — пишет член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, — может обладать совершенно неизвестным нам способом «канализации» жестких радиаций (как фотонных, так и корпускулярных), позволяющим сосредоточить большие мощности в очень узких игольчатых пучках. Почему бы не представить, что при помощи системы мощных пучков сверхжесткой радиации можно осуществить контроль над течением ядерных реакций в звездах, то ускоряя, то замедляя их темп?»

Спрашивается: зачем? Чтобы сделать звезды «эффективным источником энергии для регулирующей ее цивилизации».

Разумеется, такие пучки пригодятся и в космосе и на Земле.

Канализация корпускулярных излучений... Ее уже использует человек. Где же?

Самопишущий карандаш электроники

В 1959 году в Сокольническом парке столицы открылась американская выставка. Один из ее гидов, председатель Международного общества медицинской электроники, директор исследовательского института В. К. Зворыкин, по приглашению профессора П. В. Шмакова посетил Ленинградский институт связи. Вот что рассказал в сборнике «Пути в незнаемое» за 1964 год инженер В. Узилевский: «Вспыхнули три телевизионных экрана. Передача была короткой — трехминутный видовой фильм. Я не мог разглядеть выражение лица Зворыкина. Но мне показалось, что он сильно взволнован. Что его взволновало — виды Ленинграда, который он навсегда покинул не то в шестнадцатом, не то в семнадцатом году, уехав в Америку военным представителем, или качество телевизионного изображения? Ведь он фактически основоположник американского телевидения и многие годы отдал цветному. Зворыкин заговорил:

— Чьи это телевизоры?

— Один ваш и два наших, — ответил Шмаков.

— Вот наш. — Зажгли свет. Мы убедились, что американский профессор угадал. — Не волнуйтесь, — успокоил он Шмакова. — Ваш приемник лучше, потому я и угадал. А мы надеялись вас удивить на выставке...

Потом Зворыкина водили по всем лабораториям кафедры телевидения. На четвертом этаже он долго смотрел на портрет человека с темными глазами и маленькой бородкой. Это был портрет Розинга.

— Учитель, — тихо произнес он. — Ему и Амери-

ка обязана телевидением... Мы вас недооценивали. У вас есть чему поучиться.

Я слушал Зворыкина, а смотрел на профессора Шмакова. Я почему-то был уверен, что в эти минуты профессор вспомнил годы блокады. Когда в холодных, нетопленных помещениях опухшие от голода сотрудники его кафедры делали ртутные взрыватели, обезвреживали неразорвавшиеся мины. Как с помощью разработанной в лаборатории аппаратуры спасали заваленных во время бомбежки людей... Выслушивая комплименты американского профессора по поводу цветной системы, профессор Шмаков помнил, как трудно далось все это».

Первую систему трехцветного телевидения в 1925 году предложил советский инженер И. А. Адамиан, а ее усовершенствованный вариант — Ю. С. Волков в 1929-м. Прошло сорок лет, но до сих пор ни одна европейская страна не организовала регулярных телепередач в красках, кроме разве что опытных, — проблема оказалась нелегкой.

В СССР для внедрения в опытное вещание выбрана так называемая одновременная совместимая система. Она позволяет смотреть красочные программы на экранах обычных приемников, правда, в черно-белых тонах; новым телевизорам доступны оба вида передач: и обычные и цветные. Впервые эта система у нас была опробована 31 марта 1955 года; в мае 1956 года она уже демонстрировалась советским и зарубежным специалистам.

...Еще в 1907 году преподаватель Петербургского технологического института Б. Л. Розинг получил «привилегию № 18076» на систему «электрической телескопии». Однако самое революционное нововведение ученого — управляемый электронный луч — не могло в полной мере проявить себя без других, столь же перспективных узлов. Любопытно: даже в 1922 году известный немецкий радиотехник Д. Михали в своей книге «Видение на расстоянии» скептически пожимал плечами: «Применение катодной трубки для телевидения практически неосуществимо».

Невзирая на пессимизм авторитетных оракулов,

советские специалисты продолжали совершенствовать изобретение Розинга.

Механические узлы в системах передатчиков все еще сдерживали развитие телевидения. Выход из тупика в 1931 году независимо друг от друга нашли инженеры С. И. Катаев (СССР) и В. К. Зворыкин (США). Они, как и Розинг, заставили работать электронный луч — теперь уже не только в трубке-приемнике, но и в передатчике. Применение этого изумительно гибкого и эффективного инструмента упразднило громоздкие механические детали и позволило построить легкий компактный передатчик, упрятав его в небольшую стеклянную колбу. Так началась революция в телевидении.

Трубка Катаева (ее сегодняшние варианты называют иконоскопами) подняла четкость изображения, позволив увеличить количество строк в десятки раз.

Потом был имедж-иконоскоп. Так за границей именуют трубку, изобретенную в 1933 году П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым. Идею имедж-иконоскопа подсказало авторам в какой-то мере изобретение инженера Л. А. Кубецкого — фотоумножитель (1930 год). Трубка Шмакова — Тимофеева оказалась в десять раз чувствительней, чем обычный иконоскоп.

Естественно, что в коротком рассказе одни фамилии встречаются чаще других, а иные и вообще отсутствуют. Как на экране телевизора: если кто-то дан крупно, значит прочие ушли на второй план или остались за кадром; если же панорама охвачена целиком, то все действующие лица одинаково мелки, так что ни людей, ни их поступков разобрать нельзя...

Можно было бы упомянуть, что русский физик А. Г. Столетов, учитель П. Н. Лебедева, заложил основы учения об электронной фотоэмиссии. Что эти идеи развивались советскими учеными П. И. Лукирским, С. С. Прилежаевым, Н. С. Хлебниковым, многими другими. Что все современные передающие трубки обязаны своим существованием и совершенством пионерским разработкам А. А. Чернышо-

ва (1925 год), А. П. Константинова (1930), С. И. Катаева (1931), П. В. Шмакова и П. В. Тимофеева (1933), Г. В. Брауде (1938). Этот список при желании легко продолжить.

Розинг, Столетов, Попов — они были каменщиками, заложившими первые кирпичи в фундамент, на котором поднялась в небо исполинская Останкинская телебашня. Поднялась потому, что наследие русских ученых попало в хорошие руки.

Профессор П. В. Шмаков тоже начинал свою научную деятельность до революции, и его слова звучат особенно убедительно: «Для создания той или иной телевизионной системы требуется тесное содружество математиков, физиков, химиков, оптиков, вакуумщиков, энергетиков, акустиков, механиков и радистов всех профилей. Такое содружество научных сил у нас в России стало возможным только в советскую эпоху, когда были созданы крупнейшие исследовательские институты и лаборатории, а также большое число высших учебных заведений. Поэтому все практические достижения в области телевидения относятся именно к советской эпохе. Ученые дореволюционной России, занимавшиеся вопросами телевидения, были одиночками, и охват всей проблемы в целом для них был невозможен».

Сейчас телевизор прочно вошел в наш быт. Каждый вечер вспыхивают голубые экраны в миллионах квартир. Аппараты советских марок пользуются спросом и за границей.

22 марта 1965 года между правительствами СССР и Франции подписано соглашение о сотрудничестве с целью внедрить единую систему цветного телевидения на основе хорошо зарекомендовавшего себя проекта «СЕКАМ».

Телекамеры ведут репортажи не только с поверхности Земли, но и с борта космических кораблей. В дни группового полета «Востока-3» и «Востока-4» родилось космовидение — изображение передавалось на миллионы голубых экранов не только СССР, но и других стран, подключенных к системам Интервидения и Евровидения.

Можно без конца рассказывать о триумфах электронного луча, создающего изображение на экранах телевизоров. Да и только ли телевизоров? А осциллографов? А радиолокаторных индикаторов? А электронных микроскопов?

Электронная оптика... Сейчас это обширнейшая область науки и техники, в основе которой лежит формирование заряженных частиц в организованные потоки — широкие ли пучки, узкие ли лучи — и управление ими. Немалый вклад в ее развитие внесли советские ученые А. А. Лебедев, Г. А. Гринберг, многие другие. Именно в лаборатории Лебедева, в Государственном оптическом институте, еще в 1940 году был построен первый советский электронный микроскоп, дававший увеличение в 10 тысяч раз. Сегодня эта цифра превзойдена более чем десятикратно.

Чтобы постигнуть смысл приведенных «холодных чисел», достаточно сказать, что самый мощный оптический микроскоп, хотя его никак не назовешь подслеповатым, далеко уступает электронному в зоркости — в десятки и сотни раз. Именно благодаря электрическим и магнитным «линзам», фокусирующим электронные лучи, удалось разглядеть тонкую структуру клетки, даже увидеть отдельные «живые молекулы», а это привело, как известно, к настоящей революции в биологии.

Богатейшие возможности пучка частиц в роли волшебного карандаша уже проиллюстрированы на примере телевидения. Здесь корпускулярное излучение, как когда-то волновое (лазер!), доказало нам свою «ловкость», свою грациозную легкость, мобильность, гибкость. Между тем оно тоже способно быть мощным и разрушительным.

Согните его в бараний рог!

Под Серпуховом по соседству с крестообразным радиотелескопом построено еще одно чудо техники, кольцевидное. Его поперечник — около полукилометра, периметр — полтора. Ныне это самый большой,

самый мощный ускоритель, какого еще не видывал свет. Представляете? Точнейшая, сложнейшая машина размером со стадион!

...О чудесах-пирамидах умолкнет пусть варварский Мемфис.
Посрамлена и кичливость всех Вавилонских твердынь.
Храмом Эфесским отныне не хвастают пусть ионийцы.
Взора не тешит уже славный Делосский алтарь.
Да не возносят теперь до небес, похваляясь, карийцы
Чудо свое — Мавзолей, что надменно вздымается ввысь.
Все уступают они творению...

Так и хочется продолжить:

...физиков русских —
Наш ускоритель-гигант славит людская молва.

Но в оригинале стихи звучат иначе:

...цезарей римских.
Больше всего Колизей славит людская молва.

Сей высокопарный панегирик принадлежит античному поэту Марциалу.

«А среди памятников, которые оставит после себя наш беспокойный век, быть может, наиболее яркими будут полуразрушенные и поросшие травой, старые, заброшенные к тому времени гигантские ускорители, — так считает молодой журналист и ученый, кандидат технических наук В. П. Карцев. — Ускорители — вот те памятники, по которым потомки будут судить о нас, об уровне нашей техники и культуры. Ускорители — это наши пирамиды».

Среди литературных вариаций на эту тему чаще всего сталкиваешься именно с архитектурно-строительными ассоциациями. Вот, пожалуйста:

— Каждый вид ускорителей имеет собственный архитектурный стиль. Синхроциклотроны для меня — барокко. Протонные синхротроны выполнены, без сомнения, в романском стиле, хотя их изогнутые арки расположены горизонтально. Электронные синхротроны обладают той легкостью и грацией, которая присуща готике. А изохронный циклотрон с его вычурными полюсными наконечниками оформлен как бы в манере рококо...

Это говорит ученый. И не кто иной, как специалист, участвовавший в сооружении первых циклотронов, — Роберт Уилсон.

Незаметно для себя мы очутились среди отнюдь не царских «тронов», перенесясь сюда из мира «скопов», — помните? Кинескоп, иконоскоп, имедж-иконоскоп, электронный микроскоп... У всех у них, как и у клистронов, у магнетронов, есть немало общего с циклотронами, синхрофазотронами и прочими «тронами». Имена радиоламп-малюток и ускорителей-великанов созвучны неспроста.

В «лампе морского прибоя» электронным потоком управляют с помощью электрического поля, в магнетроне — магнитного. Управляют — это значит формируют частицы в прямолинейные пучки или закручивают их в вихри, разгоняют их на пути от катода к аноду, отклоняют и таким образом заставляют работать, эксплуатируют, добиваясь нужной цели. А разве в ускорителях происходит не то же самое, разве что в больших масштабах?

Потоки корпускул вполне правомерно рассматривать как лучи. Чем массивнее эти «пули» и чем сильнее они разогнаны электрическим полем, тем короче волна. Ее длину подбирают так, чтобы она была сравнимой с размерами исследуемого объекта. Ведь облучаемое вещество сообщит о себе что-то лишь в том случае, если оно как-то исказит нахлынувшую на него волну. Дмитрий Иванович Блохинцев, президент Международного союза чистой и прикладной физики, член-корреспондент АН СССР, так иллюстрирует эту закономерность:

— Представьте себе лодку на поверхности пруда. Гонимые ветром волны набегают на нее, отражаясь от одного, например левого, борта, а за другим, правым, возникает область штиля. По тени и отражению можно судить о размерах и форме лодки, даже не видя ее саму. Зато если погрузить в воду вязальную спицу, то волны, чересчур большие в сопоставлении с нею, не возмутятся, не исказятся. Они попросту не заметят столь ничтожного препятствия, а мы о нем так ничего и не узнаем.

У протонных пучков дубненского синхрофазотрона длина волны составляет одну стотриллионную долю сантиметра, а это меньше нуклона. Значит, таким путем можно «прощупывать» внутреннюю структуру ядра и его «кирпичиков».

Еще выше разрешающая способность у серпуховского ускорителя. Частицы в нем удается разгонять до энергий в 70 миллиардов электрон-вольт — в семь раз больше, чем на дубненском. Однако, если учесть, что при ударе микротарана ядра обстреливаемой мишени податливо отступают назад, то, к сожалению, волна корпускулярного излучения укоротится не во столько же раз, а лишь в корень квадратный из 7, то есть примерно в два с половиной раза. Чтобы уменьшить ее вдесятеро, понадобилась бы машина, которая мощнее дубненской во сто крат.

Проект именно такого сверхгиганта выдвинут советскими учеными в августе 1963 года на Международной конференции, проходившей в Дубне. Тогда же их коллеги из Европейского центра ядерных исследований предложили ускорители в 3 раза меньшей, но все равно циклопической мощности — на 300 миллиардов электрон-вольт, а американцы — на 200.

Высокоэнергетические корпускулярные излучения... Их научную важность физики осознали еще до того, как научились получать их в лабораториях.

...Вот так сюрприз! Откуда он — столь необычный след? Все другие искривлены наподобие дуг, а этот — словно тетива лука. Тут было над чем призадуматься.

Физик Дмитрий Скобельцын оторвал глаза от вороха снимков и посмотрел на стоявшую перед ним камеру Вильсона. В ней действительно долгие годы наблюдались лишь прямолинейные треки. Вторгаясь в газовую среду, заполнявшую камеру, частица летела вперед, напролом, не отклоняясь, — да и с чего бы ей поворачивать? Правда, на ее пути попадалось множество препятствий — целая толпа встречных молекул. Но, обладая большей энергией, она их попросту калечила, разбивала вдребезги, упорно продолжая двигаться по прежнему направлению. Сзади остава-

лись обломки — ионы и электроны. На них конденсировались водяные пары, присутствовавшие в газе. Образовывалась ниточка из мельчайших бусинок-капелек, хорошо видная в окуляр. Ее легко было и сфотографировать — на снимке получались крапинки, составлявшие не очень ровную, прерывистую, но все же явно прямую трассу. Так продолжалось до тех пор, пока Скобельцын не поместил камеру Вильсона в постоянное магнитное поле, чтобы оно плавно изгибало маршрут заряженной корпускулы.

Еще в 1922 году в «Журнале русского физико-химического общества» («ЖРФХО») вышла статья, подписанная П. Л. Капицей и Н. Н. Семеновым, — «О возможности экспериментального определения магнитного момента атома». (Статья была помечена декабрем 1920 года. Но пока она добиралась до Берлина, где издавался «ЖРФХО», пока набиралась, печаталась, Штерн вместе с Герлахом поставили подобный же опыт. Впоследствии первый из них за эту работу удостоился Нобелевской премии.) Командированный тогда же в Англию, к самому Резерфорду, 29-летний Петр Капица защитил там докторскую диссертацию на тему «Прохождение альфа-лучей через материальную среду и методы получения сильных магнитных полей». Получил премию Максвелла, а через пять лет стал действительным членом Королевского общества. Здесь, в Кембридже, Капице пригодились идеи, сформулированные в той самой статье: молодой советский физик впервые предложил точно оценивать энергию частиц по степени их отклонения магнитным полем, куда помещалась камера Вильсона.

Так же поступил в 1927 году и Дмитрий Владимирович Скобельцын. Правда, он изучал иное явление — эффект Комптона. И треки, полученные им на снимках с помощью камеры Вильсона, принадлежали не ядрам гелия, как у Капицы, а электронам, выбитым из атома гамма-квантами. Но закономерность оставалась той же самой: чем круче вираж, тем податливее была описывавшая его частица, тем она слабосильнее.

Так вот, на некоторых кадрах в тех же условиях у Скобельцына почему-то запечатлелись прямолинейные черточки.

Чьи они? Комптоновских электронов? Нет! Какие-то иные пули, куда более стремительные и мощные, прошили камеру Вильсона насквозь, даже не обратив внимания на внешнее магнитное поле.

Тщательный критический анализ условий опыта, перебор всех предполагаемых источников окончательно убедил Скобельцына: зафиксировано всепроникающее космическое излучение.

Обнаруженное еще в 1912 году, оно интересовало в основном геофизиков, атомников же оставляло к себе равнодушными. Открытие советского ученого, как по сигналу тревоги, подняло канониров микромира. Еще бы: высокоэнергичные частицы, а их не умели тогда получать в лаборатории, обещали стать новыми, более мощными снарядами в штурме ядерного Измаила.

Сдвинуть с мертвой точки проблему космических лучей помог и другой способ их регистрации, предложенный в 1925 году нашими же учеными Л. В. Мысовским и А. П. Ждановым, — прямо на фотопластинку, без камеры Вильсона и ее тумана. Повреждая молекулы светочувствительного слоя, частица оставляет в эмульсии след, хорошо прорисовывающийся по проявлении. А монография Мысовского «Космические лучи» (1929 год) привлекла всеобщее внимание к новой области, которая до того времени лежала в стороне от столбовой дороги ядерной физики.

В 1929 году Скобельцын установил, что лучи, приходящие из вселенной, зачастую проявляют себя не в виде отдельных редких пуль, а целыми ливнями, наподобие шрапнельных осколков. Внедряясь в воздушную оболочку нашей планеты, походя круша встречные молекулы, они вызывают целый фейерверк микрокатастроф, сыплющий искрами по сторонам осколки атомов и новые элементарные частицы. Стало очевидно: стремительный корпускулярный поток порождает качественно иные явления, которые невоз-

можно или очень трудно наблюдать, если оперировать традиционными малыми энергиями — как при бомбардировке веществ обычными, сравнительно медленными ядерными частицами. Увы, новый инструмент исследования не только радовал своей невиданной мощью, но и огорчал грубостью. Нерегулярные по времени, неоднородные по энергии, разношерстные по составу, небесные пулеметные очереди все меньше устраивали ученых. Все настойчивей заявляла о себе потребность в иной канонаде — столь же сокрушительной, но к тому еще и хорошо организованной, легко поддающейся управлению.

Трудно сказать, кто, где и когда впервые подал мысль об ускорителе. Идея зрела исподволь во многих странах. В конце концов вакуумная трубка, с помощью которой Рентген в 1895 году открыл лучи, названные его именем, — тоже ускоритель, правда, линейный, не кольцевой. В нем электроны, срывавшиеся с катода, разгонялись электрическим полем и, проносясь мимо анода, с силой бились о мишень — об антикатод. Тормозясь в нем, они отдавали избыток своей энергии в виде всепроникающих квантов. Но там разность потенциалов не превышала 50 тысяч вольт. И, стало быть, пройдя ее, наша однозарядная частица обретала энергию не более 50 тысяч электрон-вольт, то есть в сотни раз меньше, чем требовалось для вторжения в атомное ядро.

В принципе, конечно, можно было создать длиннющую вакуумную трубку, равноценную десятку или хоть сотне обычных. Иной путь наметили харьковские физики (К. Д. Синельников и другие). Конструируя небольшой импульсный генератор на полтора миллиона вольт для получения быстрых ионов и электронов, они задались вопросом: а не лучше ли свернуть цепочку в кольцо, в спираль и таким образом обойтись меньшим количеством звеньев? В 1930 году они даже испытали устройство, напоминающее циклотрон. Но довести эту идею до логического конца суждено было другому. Должен же кто-то стать первым!

Первым стал Эрнест О. Лоуренс, доктор филосо-

фии Калифорнийского университета (США). В 1932 году он соорудил свою установку.

В том же 1932 году по инициативе Л. В. Мысовского в Радиевом институте был заложен первый в Советском Союзе и Европе однометровый циклотрон. Он сыграл свою роль в развитии нашей ускорительной техники: его запуск и эксплуатация стали своеобразной генеральной репетицией накануне наших всемирно прогремевших премьер, начавшихся сооружением шестиметрового синхроциклотрона в Дубне.

Тем временем группа Лоуренса сконструировала новый ускоритель, рассчитанный на энергию частиц в 60 миллионов электрон-вольт. Увы, он не оправдал возлагавшихся на него надежд: не был способен сообщать частицам запланированную мощь. Самое большее, на что у него «хватало пороху», — разгонять их до энергии в 20 миллионов электрон-вольт — втрое меньше. И ничего тут нельзя было поделать, если бы не...

Спасательный круг, за который ухватился Лоуренс, — принцип автофазировки. Эта идея впервые сформулирована советским ученым В. И. Векслером в серии его статей, вышедших в 1944 — 1945 годах, и независимо от него американским физиком Э. Мак-Милланом.

Как пришпорили кентавра

«Циклоп» Лоуренса оказался слабосильным вот почему.

В нем протон или иной ион описывает Архимедову спираль. Трасса эта, похожая на пружину часового механизма, пролегает между двумя широкими и плоскими торцами (полюсами) постоянного магнита, поле которого, собственно, и закручивает ее в спираль. Протонная «карусель» организована в вакуумной камере внутри кожуха, напоминающего большую банку из-под гуталина, разрезанную надвое по диаметру. Обе половинки суть не что иное, как электроды (их называют дуантами). Между ними от края и

до края проходит узкая щель. Раскручиваясь от центра «банки» к ее периферии, частица за один полный цикл дважды пересекает эту поперечную зону, причем во время первого полувитка она двигается через зазор в одну сторону, а в течение второго — в обратную, но электрическое поле тоже каждый раз меняет свое направление на противоположное, так что, когда частица пролетает через ускоряющий промежуток, оно всегда должно сопровождать ее бодрящим толчком в спину. Только вот всегда ли?

В соответствии с теорией относительности масса движущегося тела возрастает тем заметнее, чем ближе его скорость к световой, предельной — именно этот релятивистский эффект и сказался при переходе к большим энергиям. Утрачивая прежнюю легкость, частица становится менее поворотливой и уже не поспевает в урочный момент к тому участку, где ее должно подхлестнуть электрическое поле. Запоздав, она вместо подбадривающего толчка может встретить даже противодействие, тормозящее ее полет, — поле-то переменно! А нужно, чтобы периодичность, с какой она делает витки, равнялась частоте электромагнитного «погонялы» и оба колебательных процесса согласовались по фазе — четко «работали» в такт, совпадали по направлению. Как же сделать, ломали себе голову конструкторы, чтобы частицы не выбивались из ритма? Не подогнать ли к их нарастающим опозданиям расписание ударов электродного бича? Поначалу казалось: если постепенно увеличивать время между толчками, то все равно не удастся приспособиться к неаккуратному прибытию всех или даже большинства микротелец — нельзя же, право, для каждого из них подбирать свое удлинение периода!

Но при определенных условиях частицы сами будут дружно приспосабливаться к изменению частоты — к такому парадоксальному на первый взгляд выводу пришел Владимир Иосифович Векслер.

Пусть одна из спутниц отстала от своего роя и пожаловала к ускоряющей щели не в заданной фазе,

так что получила вдогонку совсем слабый импульс. Значит, ее масса возрастет в меньшей степени, чем у остальных, и теперь уже начнут отставать от нее те, другие. Быстролетная странница, которая прежде плелась в хвосте, через несколько оборотов вырвется вперед и придет к зазору между дуантами раньше прочих. Если при этом разгоняющее поле наградит ее более чувствительным «тумаком», чем следующих за ней, она рано или поздно снова переместится из авангарда в арьергард.

Меняя темп, частицы будут колебаться около некой равновесной фазы. В результате такого саморегулирования вся «компания», невзирая на отдельные отклонения от общего правила, на некоторый внутренний разброд и даже отсев «отбившихся от стада», в среднем, в своем большинстве не утратит единства действий. Так что ее поведение (скажем, совместное отставание от первоначального расписания) может быть согласованным. И его удастся подчинить одному режиму, подобрав закон, по которому должна изменяться частота ускоряющего поля, — чтобы не нарушалась синхронность, согласованность во времени между круговращением всей «карусели» и толчками ее электрического «мотора».

Вскоре Лоуренс, усовершенствовав свое детище в соответствии с рекомендациями теоретиков, довел его мощность до 350 миллионов электрон-вольт. Проектная цифра оказалась превзойденной почти в шесть раз. Только прежнее устройство стало именоваться теперь синхроциклотроном, или фазотроном, ибо в нем частота на ускоряющем промежутке уже не оставалась постоянной, а регулировалась так, как того требовал новый режим. Через некоторое время все рекорды были побиты фазотроном в Дубне — чуть ли не 700 миллионов электрон-вольт!

В 1947, а затем и в 1949 году в Москве, в том же ФИАНе, появились сравнительно небольшие установки — первая на 30, вторая на 250 миллионов электрон-вольт. Созданные под руководством В. И. Векслера, они интересны тем, что в них периодичность электрического поля сохраняется одной и

той же, зато напряженность магнитного меняется во времени. Их окрестили синхротронами. Если же варьируются оба параметра, получается «гибрид» — синхрофазотрон.

Таковым, например, является дубненский колосс. Он вступил в строй в апреле 1957 года. Во время его пуска у пульта управления стоял академик Векслер, воплотивший в замечательной советской машине свою идею автофазировки.

Большой победе нашей науки и техники предшествовал не только кропотливый анализ отечественного и зарубежного опыта, но и пионерский поиск, проведенный в ФИАНе группой ученых во главе с докторами физико-математических наук А. А. Коломенским и М. С. Рабиновичем. В 1953—1955 годах новые теоретические выводы тщательно проверялись на модели ныне действующего ускорителя, оттачивались его конструктивные узлы.

Некоторое представление о том, что это за «узлы», дает электромагнит. Он весит 36 тысяч тонн. А ведь он не сплошной, не дискообразный, как у циклотрона. Он сделан в форме пустотелой баранки, сердцевину которой составляет кольцевидная труба — вакуумная камера. Там, внутри, частицы движутся не по архимедовой спирали, не от центра к периферии, а по замкнутой круговой орбите одинакового радиуса. Такое решение сделала возможным остроумная идея — одновременно варьировать характеристики двух полей: напряженность магнитного и частоту электрического. Идея великолепная, но как нелегко было ее осуществить! Соответствие обоих параметров выдерживается с точностью до десятой доли процента. За их согласованностью строго следит специальное устройство. Оно непрерывно измеряет напряженность закручивающего поля и в случае малейшего ее отклонения подает сигнал, по которому корректируется частота поля разгоняющего, а она как-никак изменяется почти в 10 раз! Управление всем режимом ускорения полностью автоматизировано. С этими сложнейшими задачами блестяще справились специалисты Радиотехнического института АН

СССР под руководством академика А. Л. Минца, Ф. А. Водопьянова, С. М. Рубчинского и других. Вакуумная камера, электромагнит и питающая его обмотку подстанция мощностью 140 тысяч киловатт (две Волховские ГЭС!) спроектированы исследовательским коллективом во главе с Д. В. Ефремовым, Е. Г. Комаром, Н. А. Моносзоном, А. М. Столовым.

Многолетний труд многолюдных исследовательских коллективов, мощный индустриальный базис, щедрые государственные ассигнования на развитие науки сделали реальностью еще одно чудо техники, сооружение которого под силу лишь стране с могучей экономикой и высокой культурой.

Решением нашего правительства эта уникальная установка поступила в распоряжение интернациональной семьи ученых, которыми в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) представлено двенадцать разных стран. Там же находятся и другие ускорители. Есть они и в самой Москве, и в Новосибирске, и в Харькове, и в Томске, и в Ереване, и во многих других городах. Разные у них мощности, различны их типы. Но ученые и инженеры не устают искать, совершенствуя старые модели, изобретая новые, — покорение корпускулярного луча продолжается.

В 1953 году А. А. Коломенский, В. А. Петухов и М. С. Рабинович, а двумя годами позднее Окава и Саймон (США) предложили еще одну разновидность ускорителя — кольцевой фазотрон. В нем магнитное поле сохраняется постоянным во времени, а это, помимо прочих технических преимуществ, дает реальную перспективу в сотни раз повысить интенсивность пучка по сравнению с той, что достигнута равномощными ускорителями, где магнитное поле переменно. Конечно, в обычном фазотроне разгонять частицы до энергий более одного миллиарда электрон-вольт нереально. Но именно в обычном. Ибо у него магнит сплошной. Его вес, как и его же потребность в электропитании, с увеличением мощности установки до семизначного числа возросли бы чудовищно.

Советские ученые придумали, однако, способ, как устранить, казалось бы, непреодолимую трудность. Они пришли к выводу: магнит и здесь можно значительно облегчить, если сделать его в форме узкого кольца, собранного из отдельных секторов. При переходе от предшествующего сектора к последующему поле поочередно меняет свое направление на обратное и своими силовыми линиями «прижимает» вихляющуюся частицу к круговой орбите то с одного бока, то с другого. Так осуществляется жесткая фокусировка.

Нехитрая вроде бы мысль (впервые ее подал в общих чертах греческий инженер Н. Кристофилос еще в 1950 году). А сотрудникам Брукхейвенской национальной лаборатории и их коллегам из Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН) понадобилось 8 лет напряженной теоретической и экспериментальной работы, чтобы спроектировать два синхрофазотрона, на 30 миллиардов электрон-вольт каждый. Вдвое более мощный серпуховский ускоритель, созданный под руководством А. Л. Минца и В. В. Владимирского, также воплотил в себе эту замечательную идею. Его магнит, имея в 8 раз больший поперечник, намного легче, чем у дубненской машины, где применена мягкая (слабая) фокусировка.

Развивая далее принцип сильной фокусировки, коллектив физиков ОИЯИ во главе с В. П. Дмитриевским, В. П. Джелеповым и Б. И. Замолодчиковым построил модель изохронного циклотрона.

При всей ограниченности лоуренсовское изобретение позволяет получать самые густые рои разогнанных частиц. Как поднять его «потолок», не утратив его достоинств? Если сделать дискообразные торцы магнита не плоскими, а рельефными (по Уилсону — «в стиле рококо»), то в создаваемом ими поле появятся перемежающие друг друга сгущения и разрежения. Они-то и помогут частицам раскручиваться в заданном режиме, не сбиваясь с пути истинного. Трудность заключается в том, чтобы с высокой точностью, до сотых долей процента, обеспечить нужное распределение силовых линий, их конфигурацию.

Наши ученые и инженеры успешно справились с этой сложной технической проблемой. Опыты с моделью вселили уверенность: новый циклотрон способен в 50 раз превзойти самый мощный классический — лоуренсовский! В Дубне уже спроектирована такая установка на 700 миллионов электрон-вольт.

Автофазировка и жесткая фокусировка привели к прорыву в область сверхвысоких энергий — в сотни миллиардов электрон-вольт. Еще дальше — за триллионный рубеж — позволит шагнуть автокоррекция — автоматическое исправление характеристик магнитной и ускоряющей системы по информации о «самочувствии» летящих частиц, поступающей от самого пучка. Эта идея высказана советскими учеными Э. Л. Бурштейном, А. В. Васильевым, А. Л. Минцем, В. А. Петуховым и Э. М. Рубчинским.

Растет мощность ускорителей, умножается их количество, ширится и качественное разнообразие их типов. Но какой от этого прок человечеству? Оправдывают ли себя огромные средства, вложенные в сложнейшие, дорогостоящие машины?

Кудесники микромира

Ускорители еще в начале войны дали возможность измерить важнейшие ядерные константы, без которых немыслимо сооружение атомных котлов. Именно ускорители приблизили эру ядерной энергетики. Говоря о необходимости капиталовложений в научные исследования, академик П. Л. Капица приводил такое сравнение: «Когда Колумб направлялся в экспедицию, результатом которой было открытие Америки, он ехал на простом маленьком фрегате, на лодчонке, с современной точки зрения. Но чтобы освоить Америку как страну, потребовалось построить большие корабли, как «Лузитания», «Титаник», и это полностью себя оправдало».

Да, оправдало, даже несмотря на отдельные издержки: как известно, и «Титаник» и «Лузитания» пошли ко дну — первый столкнулся с айсбер-

гом, вторую торпедировала германская подводная лодка.

В мае 1955 года американские физики опубликовали сообщение о синтезе элемента № 101, названного ими менделеевием «в признание ведущей роли великого русского химика Дмитрия Менделеева, который первым использовал для предсказания свойств еще не открытых элементов периодическую систему— принцип, явившийся ключом к открытию последних семи трансуранов». А в 1961 году пустая клетка под номером 103 заполнилась еще одним новичком — лоуренсием. Его окрестили так в честь изобретателя циклотрона. И разве не символично, что в таблице соседствуют имена Менделеева и Лоуренса?

1 марта 1969 года исполнится столетие с того дня, когда наука обогатилась эпохальным открытием: Дмитрий Иванович Менделеев сформулировал периодический закон. Исходя из своей классификации, в 1872 году, когда число известных элементов не превышало и семи десятков, он уже допускал существование по крайней мере пяти зауранововых незнакомцев. Сколько же их всего? Где верхний предел менделеевской системы? Ответить на этот вопрос, один из кардинальнейших в современном естествознании, стало возможно лишь после появления ускорителей. Именно с их помощью алхимики XX века получили плутоний, кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделеевий, лоуренсий, некоторые иные элементы. И продолжают создавать рукотворные ядра.

Между клетками с менделеевием и лоуренсием в таблице примостился пустой квадрат. Одно время там стоял символ нобелия (No). Но вскоре физики заявили, что латинское сокращение очень хорошо отражает итог открытия: «No» по-английски означает «нет». Что случилось?

В 1957 году сотрудники Нобелевского института в Стокгольме поспешили объявить о синтезе еще одного кандитата в трансураны. Они облучали мишень из кюрия (№ 96) ионами углерода (№ 6), разогнанными в циклотроне. Ожидалось, что оба ядра сольют-

ся, образовав новое, соответствующее элементу № 102. Американцы повторили опыты на линейном ускорителе Калифорнийского университета. Увы, выводы шведов не подтвердились. Открытие было «закрыто».

В том же 1957 году в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова группа Г. Н. Флерова (С. М. Поликанов, А. С. Карамян, А. С. Пасюк, Д. М. Парфанович, Н. И. Тарантин, В. А. Карнаухов, В. А. Друин, Б. В. Волков, А. М. Самчинова, Ю. Ц. Оганесян, В. И. Хализев, Г. И. Хлебников), бомбардируя плутоний (№ 94) ионами кислорода (№ 8), получила вещество, выбрасывавшее альфа-частицы. Характеристики излучения заставляли заподозрить, что его испускают новорожденные ядра сто второго элемента. Но советские ученые не торопились афишировать свое достижение. Предстояло тщательнейшим образом проверить результаты, чтобы отмести все сомнения, которых было немало.

Решили продолжить опыты в Дубне на циклотроне, запущенном в 1960 году. Эта машина до сих пор является лучшей в мире среди установок своего класса. И в мае 1963 года пришел подлинный успех. Обстреливая уран ионами неона, Е. Д. Донец, В. А. Щеголев, В. А. Ермаков, сотрудники лаборатории ядерных реакций ОИЯИ (директор — член-корреспондент АН СССР Г. Н. Флеров) синтезировали, наконец, заветный сто второй, вернее, его изотоп с массовым числом 256, изучили его свойства.

Калифорнийские же исследователи, опровергнув шведов и отказавшись от их методики, пытались иным способом добиться цели. Они напечатали статью, где утверждалось, будто получен изотоп-254 элемента № 102. Но их результаты были гораздо менее надежны, что признал сам руководитель работы Гленн Сиборг, когда он посетил Дубну в 1963 году. Все же до сих пор ведутся дискуссии, чьей стране по-настоящему принадлежит честь открытия, так что многострадальный новорожденный до сих пор остается безымянным.

Описанная эпопея с достаточной ясностью свиде-

тельствует, сколь сложна вся эта проблема и сколь многое здесь зависит от качеств ускорителя. Трехметровый циклотрон позволил флеровцам уточнить и заново определить константы ранее синтезированных трансуранов. Как известно, тот факт, что менделеевий появился на свет, американцам удалось зарегистрировать по распаду всего 17 его атомов. При столь мизерной продукции ни о каком изучении химических свойств вещества не могло быть и речи. Этот пробел восполнили сотрудники лаборатории ядерных реакций — более ощутимое количество менделеевия предоставил в их распоряжение великолепный ускоритель, который дает самые быстрые, самые плотные пучки тяжелых ионов.

В 1964 году всю мировую прессу облетела весть: в СССР искусственно изготовлен следующий за лоуренсием член трансуранового ряда. Всего было получено около 150 ядер — по одному за каждые 5—6 часов. Выяснилось, что обитатель клетки № 104 является химическим аналогом гафния, резко отличается от соседей-предшественников и открывает собой новую группу сверхтяжелых элементов, что лишний раз подтверждает правильность периодического закона Менделеева. Георгий Николаевич Флеров и его сотрудники предложили назвать новый элемент курчатовием.

Коллектив той же лаборатории, под тем же руководством и на том же циклотроне открыл два новых вида радиоактивности: самопроизвольное деление ядер из изомерного состояния (С. М. Поликанов и другие) и испускание протонов (В. А. Карнаухов, Г. М. Тер-Акопьян, В. Г. Субботин), теоретически предсказанное советскими физиками Б. С. Джелеповым, А. Б. Мигдалом, Б. Т. Гейликманом.

В 1967 году Г. Н. Флеров, В. А. Друин, И. Звара и С. М. Поликанов стали лауреатами Ленинской премии — за синтез трансурановых элементов и исследование их свойств.

Сколько удивительных возможностей предоставил исследователям ускоритель! Даже не очень могучий. Например, трехметровая «праща» лаборатории Фле-

рова наделяет раскручиваемый ею ион энергией не свыше 10 миллионов электрон-вольт (из расчета на каждый его нуклон).

Однако ученые хотят не только «лепить» невиданные ядра, но и получать новые элементарные частицы. Они намерены до тонкостей прощупать не только внутриядерную структуру, но и устройство входящих в атомы мельчайших «кирпичиков» мироздания. Современная физика подтвердила пророческие слова Ленина: электрон столь же неисчерпаем, как и атом.

— Вообразите двух близнецов одинакового роста и сложения, с тем же цветом глаз и волос, даже характером схожих, только один весит в сотни раз больше другого, будто проглотил нечто сверхтяжелое. Именно с такой ситуацией мы встречаемся в случае мю-мезона и электрона: они отличаются по массе в 220 раз, но не удалось еще найти никакой иной разницы ни в их строении, ни в их свойствах, проявляющихся при взаимодействиях, — рассказывает член-корреспондент АН СССР Д. И. Блохинцев. — Не означает ли загадка мю-мезона, что вещество элементарной частицы сосредоточено где-то в ничтожно малой ее сердцевине, а мы изучаем пока лишь разреженную «атмосферу», окутывающую эту таинственную центральную область? Не похожи ли элементарные частицы на атомы, поведение которых во многом определяется крайне разреженной электронной оболочкой, в то время как вся их масса сконцентрирована в ядре?

Разрастается «зоопарк» элементарных частиц. Не так давно его коллекция обогатилась новым экземпляром — анти-сигма-минус-гипероном. Его след на одной из 40 тысяч фотографий, снятых в пузырьковой камере дубненского синхрофазотрона, обнаружил молодой физик А. А. Кузнецов.

У каждой частицы есть свой двойник в антимире. У электрона — позитрон, у нейтрино — антинейтрино, у сигма-минус-гиперона — частица, открытая Кузнецовым, и так далее. В познание законов такой симметрии огромный вклад внесен советскими уче-

ными — лауреатом Нобелевской премии академиком Л. Д. Ландау, лауреатом Ленинской премии академиком Б. М. Понтекорво, многими другими.

До изобретения циклотрона было известно всего несколько частиц — сегодня их считают дюжинами. Их открывают чуть ли не каждый год (как шутят физики — «один мезон в один сезон»), причем открывают не без помощи ускорителей. Назрела нужда в классификации элементарных частиц, подобной менделеевской систематике. Профессор Д. Д. Иваненко высказал гипотезу: все частицы суть различные формы одной простейшей. Но если так, то какой?

Сотни подобных вопросов одолевают ученых.

Чем мельче микрообъект, тем выше энергия, которой характеризуются процессы, протекающие в его недрах. Для нуклона она измеряется миллиардами электрон-вольт, что в тысячи раз больше, чем для ядра. И только самое жесткое корпускулярное излучение способно проникнуть в этот удивительный таинственный мир. Вот почему разведчики микрокосмоса так упорно бьются над созданием сверхмощных ускорителей.

Создание многокилометровых вакуумных тоннелей внутри кольцевидной магнитной муфты — путь проверенный, надежный, по нему можно идти без риска оступиться. И все же... Нельзя ли как-то иначе, в более скромных масштабах, повысить мощность пучка?

В ЦЕРНе и Брукхейвене пущены синхрофазотроны на 30 миллиардов электрон-вольт. Такую энергию приобретает поток протонов. Но, врезаясь в неподвижную мишень, он заставляет ее нуклоны пружинисто отпрянуть назад. Примерно так под ударом боксера отскакивает тренировочная груша. Из-за податливости вещества обрушивающиеся на цель микроснаряды проигрывают в силе настолько, что энергия взаимодействия фактически оказывается чуть ли не вчетверо меньшей — 8 миллиардов электрон-вольт. Иначе обстояло бы дело, если бы атакуемые частицы неслись навстречу нападающим. Будь они ра-

зогнаны до той же скорости, произошло бы столкновение с энергией в 60 миллиардов электрон-вольт. Чтобы получить такой эффект при неподвижной мишени, потребовался бы ускоритель на 1800 миллиардов электрон-вольт!

Экономический выигрыш почти в 100 раз по сравнению с обычными установками равной мощности — вот что сулят встречные пучки. Этот перспективный метод разрабатывается в Институте ядерной физики в Академгородке под Новосибирском (директор — академик Г. И. Будкер). Там создано несколько ускорителей подобного типа. Один из них (ВЭПП-2) предназначен для получения встречных электрон-позитронных потоков, по 700 миллионов электрон-вольт каждый, а в сумме — почти 1,5 миллиарда. Колоссальная энергия! Между тем габариты всего устройства не превышают нескольких метров. Проектируется и протон-протонная установка поперечником 2,5 метра на энергию в 3 миллиарда электрон-вольт.

В 1967 году академику Г. И. Будкеру, члену-корреспонденту АН СССР А. А. Наумову, доктору физико-математических наук А. Н. Скринскому, кандидату физико-математических наук В. А. Сидорову, доктору технических наук В. С. Панасюку за разработку метода встречных пучков присуждена Ленинская премия.

В Институте ядерной физики Сибирского отделения Академии наук ведутся также работы по созданию электромагнитов без тяжелых железных сердечников. Нелегкая это задача, зато ее решение, а оно будет найдено, существенно сократит вес и размеры ускорителей, усилив магнитное поле в десятки раз.

И — почем знать? — быть может, действительно отомрут со временем нынешние бронтозавры ускорительной техники, уступив место миниатюрным, но не менее могучим машинам-миллиардерам.

Получив в свое распоряжение корпускулярные пучки неслыханной мощности, человек сможет буквально творить чудеса.

Известно, что соударение двух быстрых нуклонов порождает целый фейерверк нуклонов, мезонов, других частиц. На фотографии появляется «звезда» с многочисленными лучами, выбегающими из эпицентра взрыва. А если столкнутся потоки нуклонов неимоверно огромной энергии? Тогда, как допускает Блохинцев, ливень микротелец окажется настолько обильным, что может образоваться макроскопическое, массивное тело, даже звезда, без кавычек, не в лабораторном смысле, а в астрономическом. Энергия превратится в материю...

Фантастическую власть над веществом и энергией обретает человек, покоряя корпускулярное излучение.

Лучи... лучи... лучи... Родившиеся в естественных условиях и созданные искусственно, видимые и незримые, слабые и мощные, созидающие и разрушительные, рвущиеся из ядерных недр и испускаемые галактиками, волновые и корпускулярные, а вернее — корпускулярно-волновые, прошли они перед нами нескончаемой, неразрывно связанной чередой.

Они раздвинули горизонты нашего познания. Человек жадно ловит лучи, кропотливо выуживая из бессвязного лепета природы драгоценные крупицы информации. Он изобрел для этого хитроумные ловушки — миниатюрные квантовые усилители и гигантские радиотелескопы, сложные камеры, наполненные туманом, окруженные магнитным полем, и простые фотопластинки, покрытые толстым слоем эмульсии.

Человек сам формирует лучи, превращая их в рабочий инструмент, зондируя ими окружающий мир и переделывая его. Лазеры. Радиолокаторы. Телевизоры. Электронные микроскопы. Ускорители. Словно искусный подмастерье, умело и расторопно выполняет луч самые разнообразные, самые нелегкие, самые сложные задания своего хозяина-творца — человека...

Кентавры... Мифическим образом диких полулюдей-полуконей воспользовался известный наш физик-теоретик М. А. Марков, чтобы подчеркнуть донельзя

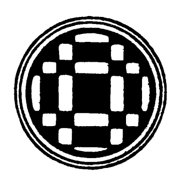
странное, непривычное для нашей повседневной интуиции сочетание противоречивых начал, беспрецедентное двуличие, присущее корпускулам-волнам. Дебройлевская концепция универсальной волнообразности давно уже утвердила себя в физике микромира, в описании поведения элементарных частиц. А теперь благодаря работам Прохорова, Басова, Таунса и других ученых квантовые, «корпускулярные» представления пронизывают и радиофизику, которая дольше других наук изъяснялась классической прозой.

Опознав «микрокентавров», изучив их повадки, человек укротил их и запряг цугом. Так появился луч.

У этого луча славное прошлое. Будущее его фантастически прекрасно.



Глава шестая



ВЕЛИКОЛЕПИЕ ВАВИЛОНСКИХ САДОВ

Называя физику механикой молекул, химию — физикой атомов и далее биологию — химией белков, я желаю этим выразить переход одной из этих наук в другую.

Ф. Энгельс

Там, за перевалом, — Кафиристан. Говорят, это край угрюмых людей, вечно враждующих друг с другом, там путники не найдут ни ночлега, ни еды, ни фуража, если вообще останутся живы, — бандитам ничего не стоит вырезать весь отряд...

«Караван передвигается с трудом... Люди и лошади вязнут в снегу; проводники выводят караваны к спуску по приметам, известным им одним...»

Спуск едва ли легче, чем подъем. Лишь бы не пострадали люди! Лишь бы не побились животные, а с ними не погибли записи, коллекции, приборы...

«Если принять во внимание двухдневный утомительный переход по безлюдной местности, потерю подков, израненные ноги лошадей, то из всех пройденных перевалов через Гиндукуш Парун приходится считать наитруднейшим».

В географических справочниках значится: Гиндукуш — горная система в Афганистане, примыкает к Памиру. Перевалы (3500—4500 метров) преодолимы с трудом.

На парунской седловине анероид показывал 4760 метров.

Наконец Парун позади. Но дорожные мытарства продолжаются. «Путь отчаянный, пригодный только для пешего прохода и для коз, — гласят записи «саиба» — руководителя экспедиции Николая Ивановича Вавилова. — Препятствия на каждом шагу то в виде обрыва, то в виде каменных ступеней больше метра. Проходим через полуразвалившийся мост; первая лошадь проваливается. Строим мост, приносим деревья, камни. Перевьючиваем то и дело лошадей, часть пути вьюки несем на руках».

Дикость и нищету встречают исследователи в кафирских кишлаках. Однако бедняки ни разу не причинили зла посланцам молодого Советского государства, смело общавшимся с крестьянами, не отступавшим даже в тех случаях, когда проводники из местных, напуганные страшными слухами, позорно дезертировали, бросая «саиба» на произвол судьбы.

Наконец беспримерный тридцатитрехдневный рейд Кабул — Кафиристан — Кабул завершен. Теперь поскорее оправить изрядно потрепанный караван, привести в порядок ботанические коллекции и...

Домой? Нет, дальше на юг! А потом снова на север, но уже к Кушке, откуда начался афганистанский поход, предпринятый Вавиловым и его помощниками — инженером-гидрологом Д. Д. Букиничем и селекционером-растениеводом В. Л. Лебедевым.

Начался он еще летом, 19 июля 1924 года. Тогда и погода и дорога были совсем иными. Пьянящий зной. Раскаленный песок. Пыльные бури. А в вавиловском дневнике значится еще и другое: «В августе и сентябре работу экспедиции тормозили военные события на юге Афганистана. Половина страны охвачена басмачеством». Стихии и люди словно стакнулись, ополчившись против Вавилова и его спутников. Сколько раз подобные обстоятельства заставили бы отступить любого благоразумного туриста! Но Вавилов не был туристом, как не был он и искателем приключений. Методично, день за днем на протяжении 17 недель (до 1 декабря 1924 года) изучал он

земледелие Афганистана, его культурную флору. Кафиристан — лишь эпизод в этой большой научной разведке; наряду с ним путешественники обследовали еще с десяток обширнейших районов. 4500 километров отмахали они верхом и пешком по горам и долам, по пескам и снегам, в нестерпимую жару и пронизывающий холод; подчас рискуя жизнью, преодолевали они крутые подъемы и головокружительные спуски. Ради чего?

Всходы на обновленной земле

...В 1921 году Вавилова, профессора Саратовского университета, пригласили возглавить Бюро по прикладной ботанике в Петрограде. Новый заведующий выдвинул дерзкую по замыслу программу глобальной ботанической инспекции. Надо ознакомить нашего селекционера со всем мировым ассортиментом культурных растений. Пусть заменит малоценные сорта высокопродуктивными, пусть выведет сам еще лучшие!

Для многих это «попахивало прожектерством». Еще не смолкло эхо гражданской войны, кругом разруха, голод, в городе толпами слоняются безработные, снуют спекулянты, на полях не хватает рабочих рук, а тут, видите ли, «туристские прогулки» по Европам за цветочками-листочками. Полноте!

— Чтобы в кратчайшие сроки преодолеть вековую отсталость российского земледелия, пора начинать работу уже сегодня, — доказывал Вавилов.

В царской России, даже в мирное время, даже в обстановке относительного благополучия, хлеборобы и огородники не знали толком отечественных «зеленых ресурсов», их сортового состава — что уж тут говорить о заграничных! Теперь же, когда земля стала общенациональным достоянием, так дальше продолжаться не может. Аграрная революция немыслима без высокой культуры в семеноводстве, без использования мировых достижений, без энергичной селекционной работы в масштабах всей страны.

Ленин придерживался того же мнения. Мог ли

он, стремившийся мобилизовать на строительство новой жизни всю мощь науки и техники, весь интеллектуальный потенциал нации, разбуженной революцией, мог ли наш вождь не одобрить глубоко аргументированную патриотическую инициативу?

В 1921 году Н. И. Вавилов едет в США и Канаду. Репортеры с любопытством вглядываются в «красного профессора». От их внимания не ускользает, что «мистер Вавилов» и на плантации фермеров и в респектабельные оффисы приходит в поношенных башмаках, в одном и том же костюме, отнюдь не модном, да и не новом. Но заокеанские коллеги не могут не видеть, что перед ними интеллигентный человек, широко эрудированный, прекрасно осведомленный в своей области, изъясняющийся на нескольких языках. «Если все русские таковы, как профессор Вавилов,— заявляют газеты, — Америке стоит дружить с Россией!»

Ученый возвращается с богатейшей коллекцией образцов — от злаковых до бобовых, от кормовых до технических, от полевых до садовых — всего свыше 7000 наименований.

«Узнайте в Наркомземе, сколько вагонов усовершенствованных семян привезли из-за границы», — интересовался Ленин, который в сутолоке повседневных хлопот, уже больной, прикованный к постели, не переставал беспокоиться о судьбах нашего сельского хозяйства.

Еще в 1922 году Мария Ильинична Ульянова отправила секретарю Ленина, находившемуся в Германии, такое письмо: «Ильичу хотелось бы связаться с организаторами «Обновленной земли», чтобы выписывать оттуда книги, семена и пр. Хотелось бы ему также пересадить флору Канады в РСФСР. Видимо, этот вопрос его очень занимает, так как он часто к нему возвращается». Речь шла о группе селекционеров, которой американец А. Гарвуд посвятил целую книгу, переведенную К. А. Тимирязевым и прочитанную Лениным. Гарвуд рассказывал о калифорнийском дарвинисте Лютере Бербанке, который выводил новые сорта плодов.

«Опыты по получению новых культурных растений имеют громадное государственное значение, — говорилось в правительственной телеграмме, адресованной Тамбовскому губисполкому. — Срочно пришлите доклад об опытах Мичурина Козловского уезда для доклада председателю Совнаркома тов. Ленину».

Да, Ленин сразу же оценил по достоинству и исследования И. В. Мичурина. Сам Иван Владимирович потом неоднократно подчеркивал, что без поддержки со стороны Советской власти он так и остался бы «незаметным отшельником экспериментального садоводства». О Мичурине Ленин узнал благодаря Вавилову.

Еще в 1875 году, располагая нищенскими средствами, на жалком клочке земли молодой Мичурин начал опыты. У него не было возможности получить систематическое специальное образование. Со скромным багажом теоретических познаний вступил он на стезю самостоятельных творческих исканий и, как признавался впоследствии, долгое время брел ощупью. Да и подлинно научная генетика, лежащая в основе селекции, тогда еще ждала своего часа.

Скрещивая лучшие, преимущественно южные разновидности плодов и ягод с местными, хорошо приспособленными к условиям среднерусских и северных районов, Мичурин выводил чудо-сорта, прогремевшие впоследствии на весь свет.

Ивана Владимировича избрали почетным членом канадского общества садоводов «Бридерс», его наперебой засыпали запросами американцы, англичане, немцы, французы, слали к нему своих агентов. Один из таких эмиссаров, профессор ботаники Вашингтонского сельскохозяйственного института Фрэнк Н. Мейор, побывав у козловского чудодея, в своем отчете департаменту земледелия США констатировал: «Растения мистера Мичурина более ценны для северных штатов Америки, чем вся продукция Л. Бербанка».

Вскоре директор департамента Д. Ферчайлд предложил Мичурину переехать за океан вместе со всем садом. Американское правительство выделяло для

этого целый пароход. Оно назначало «русскому Бербанку» 8 тысяч долларов ежегодно.

Благодетели получили корректный, но твердый отказ. «Все свои силы я отдал на обогащение садов моей Родины улучшенным ассортиментом плодовых растений и задачу эту должен выполнить до конца», — писал Иван Владимирович.

Узнав об официальном приглашении из США, царский кабинет, упорно игнорировавший неоднократные ходатайства самого Мичурина и его друзей, наконец-то встрепенулся. Из столицы в захолустный Козлов пожаловал действительный статский советник Салов. Иван Владимирович со всей прямотой высказал сановитому визитеру свои обиды:

— Я, ваше превосходительство, тридцать пять лет корплю над жалкими клочками земли, дрожу за каждый грош, чтобы использовать его на научные опыты. Справляться один со всеми работами по питомнику не в силах, в результате ценнейшие сеянцы гибнут. Тесно, многое приходится уничтожать самому, чтобы высвободить место для новых экземпляров. А со стороны правительства никакого внимания!

Но, может, после этого Мичурину помогли?

«Ничего не сделали, — сообщал Иван Владимирович одному из своих коллег. — Ограничились присылкой двух орденов Анны и креста за заслуги с предложением переселиться в Петербург на службу в сельскохозяйственный департамент на 3000 годового жалованья, от чего я, конечно, отказался...»

В 1918 году мичуринский рассадник и питомник поступил в ведение Наркомзема. Вскоре он разросся до 100 гектаров, став в 20 раз больше, чем раньше, до революции. В 1928 году он был провозглашен общегосударственной Селекционно-генетической станцией плодово-ягодных культур имени Мичурина.

Хорошо знакомый с феноменальными результатами удивительного русского самородка, Н. И. Вавилов настоятельно рекомендовал Ивану Владимировичу подытожить их и опубликовать. Книга выдающегося селекционера вышла в свет с предисловием Вавилова.

Октябрь оказался поворотным пунктом и в судьбе

Н. И. Вавилова. Не далее как в шестнадцатом году, замыслив большую экспедицию по Средней Азии и Северному Ирану, Николай Иванович смог предпринять ее лишь на собственные средства.

Зеленые эмигранты

Вавилов буквально одержим страстью к поискам. Заражая и других своим энтузиазмом, он сколачивает целые группы «охотников за растениями». Назначенный директором Института прикладной ботаники и новых культур (впоследствии ВИР — Всесоюзный институт растениеводства), он командирует сотрудников во все уголки обоих полушарий. Им организовано 180 экспедиций. Сам он успел объездить и изучить 35 стран 5 континентов. И вот постепенно создается колоссальный гербарий, который за рубежом назовут «Лувром ботаники». Еще бы: к 1940 году он насчитывал свыше 200 тысяч «экспонатов» из 70 государств!

Но, быть может, Вавилов и вавиловцы приходят на все готовенькое и, запуская руку в чью-то заботливо собранную коллекцию, даже не меняя этикетки (благо ботаники всего мира пользуются одним языком — латынью), с миру по зернышку несут в свою кубышку?

Почти 4000 различных семенных образцов, около тысячи листов гербария с дикой флорой привез Н. И. Вавилов из феодального Афганистана, куда более отсталого, чем царская Россия. Книга «Земледельческий Афганистан», написанная Вавиловым и Букиничем, до сих пор служит для нашего южного соседа настоящей энциклопедией сельского хозяйства.

Вировцы С. М. Букасов и С. В. Юзепчук, прибыв в Центральную и Южную Америку, тоже не получали готовых пакетиков с наклейками. С лупой в руках и рюкзаком за плечами они прочесывали леса и пампасы; прокопченные солнцем, покрытые пылью, брели они через пустыни, взбирались на горы, обша-

ривая каждую пядь земли. И вот результат: одного только картофеля найдено 50 новых видов! Найдено, между прочим, в тех местностях, которые уже исколесила не одна экспедиция США. Что же касается ярлычков, то на них появились десятки латинских названий типа «Солянум Вавилови Юз. эт Бук.», еще не фигурировавших ни в одном ботаническом атласе, — в них увековечены имена советских Колумбов американской флоры.

Немало подобных трофеев привезли другие сотрудники ВИРа: П. М. Жуковский — из Турции, Е. Н. Синская — из Японии.

Глобальные операции вавиловских когорт обогатили мировую науку, помогли тем странам, где проходили наши искатели, познать собственные растительные ресурсы.

Спору нет, в вировском «Лувре» имелись и экземпляры, любезно предоставленные сельскохозяйственными фирмами цивилизованных государств из их ботанических «запасников». Но это вовсе не означало, что нашим растениеводам отныне нечего делать — бери и сей. Чтобы «пересадить канадскую флору в РСФСР», как завещал Ленин, требовалась многолетняя и кропотливая работа по испытанию, скрещиванию, отбору.

Уникальный ботанический фонд, основанный Вавиловым, дал возможность вывести великолепные отечественные сорта сельскохозяйственных культур. Число таких новинок уже до войны приблизилось к 350. Сегодня их еще больше. Сорок из них занимают десятки миллионов гектаров. Вот, например, пшеница «акмолинка-1». Ее предок, разысканный Вавиловым, пожаловал к нам из-за рубежа. Но она по праву носит название казахского города, ибо родилась у нас. Родилась заново, облагороженная заботами и старанием нашего специалиста В. П. Кузьмина. А ее кубанская сестра, «безостая-1», в жилах которой течет аргентинская кровь, появилась на свет после кропотливых экспериментов советского ученого П. П. Лукьяненко. Завоевав европейское признание, она сама шагнула за границу и теперь колосится под

небом Венгрии, Румынии, Югославии. Ее охотно внедряют там вместо прежних, менее урожайных сортов.

Зеленые эмигранты... Перед глазами встают аккуратно укомплектованные гербарии, пакетики с наклейками, пересекающие границу, их хозяева, предъявляющие свой груз строгим таможенным контролерам. Но так было не всегда. Растения кочевали и в те времена, когда на планете еще не появились ни пакетики, ни визы, ни даже сами ботаники. Когда роль транспорта выполнял беспечный ветер, развеивавший семена по белу свету. Их могли случайно разносить в чужедальние края также звери, птицы, гады, насекомые. Или люди, даже если они не подозревали о том, что способствуют великому переселению в царстве флоры. Правда, и тогда давали о себе знать границы. Не те, конечно, что размежевывают политическую карту на цветные лоскутки. Другие. Такие, как горный хребет, который мешал Вавилову пройти в Кафиристан.

В Афганистане ученый встретил долины-островки среди недвижных каменных «волн». Растения как бы заключены внутри своеобразной цитадели. Отделенные от внешнего мира естественными «валами» и «рвами», они тысячелетиями развивались относительно независимо от соседних зеленых сообществ, что сыграло важную роль в их эволюции. Щедрое солнце. Ручейки, сбегающие с глетчеров. Плодородная почва. Широкая шкала зон — от знойной пыльной пустыни до вечных снегов, венчающих скалы, причем на сравнительно небольшой площади. Все это, вместе взятое, дало пеструю палитру генетических форм, превосходящих по урожайности, скороспелости, зимостойкости, засуховыносливости, по другим кондициям многие мировые сельскохозяйственные стандарты. Настоящий клад для селекционера!

Одной только мягкой пшеницы Вавилов насчитал тут почти 60 разновидностей (7 из них он открыл заново). Ассортимент оказался раз в 10 богаче, чем даже в тех губерниях России, которые исстари слыли житницами нашей страны. По многообразию некоторых злаковых и бобовых зерновых культур Афгани-

стан занимал первое место в мире. Хорошо, но какое отношение имеет все это к зеленым пилигримам?

В свое время английский ученый А. Уоллес предположил: каждый вид появился первоначально лишь в одной области, а уж потом расселился оттуда по другим местам. Но ни Уоллес, ни Дарвин не пошли дальше этой осторожной догадки. Решающий шаг сделал их русский последователь.

В 1926 году вышла книга Н. И. Вавилова «Центры происхождения культурных растений». Удостоенная премии имени В. И. Ленина, она привлекла внимание ученых всего мира. Ее автор впервые дал понять, что родину культурных растений надобно искать не в равнинных, хоть и пышно-зеленых речных бассейнах, как думали раньше, а в горных долинах, изолированных друг от друга. Именно там сосредоточено изумительное разнообразие генетических типов. Именно там, как правило, возникали и древнейшие очаги земледелия. Один из них, несомненно, находился в Афганистане и примыкающих к нему районах Индии, Ирана, советской Средней Азии. Другой — на высоком плато в северо-западной Эфиопии (Африка), у самых истоков Нила, а не в его среднем течении и не в дельте. Еще один — в Южной Америке — опять-таки не среди роскошной зелени Амазонки, а на скалистых уступах Анд. Из таких «центров творения» (их найдено пока 7) растения расселялись по всему миру. Именно здесь, в этих подлинных сокровищницах зеленого царства, могут получить селекционеры богатейший материал для генетического оздоровления, облагораживания своих местных сортов.

Культурные, дикие—сколько их?

Еще во время своей первой экспедиции (в Среднюю Азию и Северный Иран) Вавилов обратил внимание на исключительное многообразие форм, свойственное местной ржи, которая здесь считалась сорняком. «Чоу-дар» называли ее по-персидски, что значит «терзающая пшеницу». Ту же кличку услышал

Николай Иванович и в соседнем Афганистане в 1924 году. Надо же: «незваный гость»! Хуже: «вредитель»! И это о злаке, который в Европе и Сибири кормит миллионы. Но там, в более северных районах, он отнюдь не отличается богатством разновидностей: их там раз, два — и обчелся, даром что занимают они необозримые просторы.

В 1917 году Вавилов впервые выдвинул, а впоследствии детально разработал теорию, объяснившую происхождение «цивилизованной» ржи от дикой ее предшественницы.

Продвигая озимую пшеницу из центра ее происхождения в окружающие районы, в том числе дальше на север, человек прихватывал и сорно-полевую рожь — от нее он просто не умел отделаться. Но в менее благоприятных почвенно-климатических условиях эта назойливая и зловредная спутница не в пример своей соотечественнице-неженке оказалась гораздо выносливей. Былая «персона нон грата» юга стала желанной гостьей в холодных краях. Постепенно отобрались самые неприхотливые и наиболее продуктивные ее расы. «Дикарка» превратилась в самостоятельную культуру.

Вавиловская схема приложима и к иным растениям.

Бесспорно, не хлебом единым жив человек: биологию интересуют не только используемые в земледельческой практике зеленые друзья, кормящие нас, одевающие, снабжающие сырьем технику. Скорее даже наоборот: академическая ботаника отдавала явное предпочтение не им, а их неприрученным собратьям. Еще Чарлз Дарвин сетовал на то, что она «очень мало занималась культурными породами, считая их не стоящими внимания». Восполнению этого пробела Вавилов посвятил всю свою жизнь.

Параллельно изучались у нас, конечно, и дикие растения. В 1931 году на конференции Ботанического института АН СССР было принято постановление провести инвентаризацию «зеленого имущества» в масштабах всей нашей страны и создать всеобъемлющий справочник «Флора СССР». Предстояло ре-

шить нелегкую проблему. Родина наша обширна, на ее территории расположено множество почвенно-климатических зон, в каждой свой мир, отличающийся большой качественной пестротой. Даже на островах Северного Ледовитого океана встречаются десятки видов растений, в лесных областях средней полосы их количество достигает 1500, а на юге, на Кавказе, — оно свыше 6000! В начале XX века стало очевидным: столь грандиозный труд не под силу одиночкам. Осуществить его взялся большой исследовательский отряд, включавший почти сто ученых Москвы, Ленинграда, Киева, Ташкента, Тбилиси, других городов и возглавленный академиком В. Л. Комаровым, а после смерти Владимира Леонтьевича (1945 г.) — Б. К. Шишкиным.

Когда всесоюзная перепись зеленого населения закончилась, выяснилось, что в границах нашего Отечества насчитывается 17 520 видов растений, относящихся к 1676 родам и 160 семействам. Сведения о них заняли 22 000 страниц печатного текста — целых 30 томов! Работа не имеет прецедентов в мировой научной литературе. Аналогичное ботаническое сочинение для Северной Америки составляется нью-йоркскими флористами вот уже седьмой десяток лет и все еще не подошло к концу. «Флора СССР» с ее широким географическим охватом — от тундры до субтропиков — явится подспорьем при подготовке подобных руководств для всего северного полушария. Заложенные в ней оригинальные идеи, ее исчерпывающие фактические данные уже нашли применение в некоторых сопредельных социалистических государствах. Коллекция содержащихся в ней сведений нужна биогеохимикам, геоботаникам, географам, лесоводам, фармацевтам, селекционерам. Она поможет нашему народному хозяйству еще полнее освоить богатейшие растительные ресурсы русской земли.

Среди авторов «Флоры СССР» мы встречаем имена вавиловцев: С. В. Юзепчука, М. Г. Попова и других.

Когда называлось количество видов, фигурирующих в этой колоссальной описи, то речь шла только

о высших растениях. Низшие их сородичи (к ним относятся водоросли и грибы) тоже представляют несомненный интерес для науки. В познание низших растений большой вклад внесли наши ученые Л. И. Курсанов, В. М. Арнольди, А. А. Еленкин, А. Т. Вакин, С. И. Ванин и другие.

Ботанико-географические исследования велись в России издавна, но особенно широкий размах приобрели они в советский период (В. В. Алехин, Е. М. Лавренко, В. Б. Сочава). Хорошую репутацию у нас и за рубежом имеют монографии по истории флор, по их происхождению (Д. К. Зернов, Е. В. Вульф, И. М. Крашенинников и другие).

Новая наука (о растительных сообществах) создана академиком В. Н. Сукачевым. Она выявляет тесную взаимосвязь между зеленым покровом и окружающей средой (почва, влага, атмосфера, организм). Развивая идеи Г. Ф. Морозова, Сукачев создал учение о жизни леса, о его типах.

Впрочем, простое перечисление имен, пожалуй, ничего не даст ни уму, ни сердцу читателя. Подробный же рассказ о достижениях советской ботаники, наверное, превзошел бы по объему капитальный труд «Флора СССР».

Растения, нажимайте кнопку сами!

В 1932 году по инициативе академика А. Ф. Иоффе, считавшего залогом прогресса в сельском хозяйстве широкое внедрение точных физико-химических приемов и самой совершенной экспериментальной аппаратуры, был организован Агрофизический институт. Он до сих пор остается единственным в мире научным учреждением такого профиля.

В одной из его лабораторий (электрофизиологической) советские ученые Б. С. Мошков и В. Г. Карманов провели серию интересных опытов. Они задались вопросом, какие световые и температурные режимы наиболее выгодны для развития зеленых организмов при искусственном солнце — под лучами электрических ламп.

Советские ученые создали специальную установку с мощными зеркальными лампами накаливания. Избыток тепла в ней поглощается проточной водой, циркулирующей между прозрачными стенками особой ванны-перегородки. Задерживая инфракрасные лучи, этот фильтр оберегает растения от перегревания. В то же время он пропускает радиацию, которая обеспечивает нужную интенсивность фотосинтеза — процесса, при котором под действием света в хлорофилле, зеленом пигменте растения, углекислый газ и вода превращаются в органические соединения.

Несложная вроде бы аппаратура, а продемонстрировала высокую эффективность. Урожаи томатов удается снимать до 6 раз в год. В рекордно короткие сроки вызревают также огурцы, многие другие овощи.

В наши дни электросветокультура стала обычным делом в парниково-тепличных хозяйствах Москвы, Ленинграда, Урала, Сибири; особенно важное значение имеет она для районов Крайнего Севера.

Наряду с лампами накаливания широкое применение в качестве искусственных солнц нашли также источники холодного света. Особенно крупный вклад в развитие люминесцентной техники внесен академиком С. И. Вавиловым и его школой. Сергей Иванович (брат академика Н. И. Вавилова) — физик, но его работы сыграли свою роль и в биологии. Академик А. Ф. Иоффе — тоже физик, профессор Б. С. Мошков — биофизик, тем не менее именно они были основоположниками электросветокультуры, преобразившей сельское хозяйство. Биология породнилась с физикой, и этот союз принес замечательные плоды.

Свет — один из важнейших факторов в жизни растений. Однако выяснилось и другое: ежесуточно погружаясь на несколько часов во мрак, царство флоры не просто уступает неумолимому закону природы, не равнодушно подчиняется ему, а испытывает в этом определенную потребность. Регулярные изменения в окружающей среде от сезона к сезону, от дня к ночи (и еще более частые) вызвали ритмичность физико-химических процессов в живых организмах.

Долгое время господствовал взгляд, будто листья прекращают усваивать углекислый газ из воздуха к ночи лишь потому, что они не в состоянии делать это в темноте. Если же освещать их и дальше, то вроде бы хлорофилл должен работать по-прежнему активно. Нет! Академик С. П. Костычев и его сотрудники нашли, что даже в Заполярье, где день длится месяцами, фотосинтез регулярно приостанавливается: он протекает волнообразно — синхронно с суточным вращением Земли. То же самое наблюдается и при непрерывном искусственном освещении. Такая очередность жизненных проявлений внутренне свойственна организму. Похоже, что в его клетках тикают некие биологические ходики, с которыми соразмеряется весь уклад его существования.

Профессор И. И. Гунар обнаружил, что поглощение химических веществ корнями у томатов, подсолнечника, фасоли, кукурузы, овса также подчинено строгому ежесуточному расписанию. Возбуждение и торможение охватывают все растение целиком. Но так как любая физиологическая функция зеленого организма теснейшим образом связана с фотосинтезом и фактически полностью зависит от него, то понятно, сколь важно для согласованной работы всего живого «часового механизма» правильное чередование светового воздействия, которое, как выяснили М. Х. Чайлахян и Б. С. Мошков, воспринимается через листья.

Вскрыв закономерности фотопериодизма, ученые превратили световой луч в золотой ключик, с помощью которого можно регулировать ход биологического «хронометра».

Известно, что одни культуры (соя, просо, табак, хризантемы) быстрее зацветают при коротком дне и долгой ночи, другие (например, хлебные злаки), наоборот, — предпочитают поменьше спать, подольше бодрствовать. Иногда лишние 2—3 часа темноты заметно задерживают развитие растений. С другой стороны, чересчур долгое пребывание на свету тоже вредно. Как угодить прихотям самих растений?

Физико-химические процессы, протекающие в нед-

рах листьев и корней, стеблей и побегов, поддаются строгому учету с помощью чувствительных приборов. В соответствии с характером зарегистрированных сигналов специальный автомат может включать или выключать осветительную аппаратуру. Впервые такое устройство сконструировано лет десять назад в Агрофизическом институте В. Г. Кармановым. Сегодня ученые и инженеры создают более совершенные установки, где по директивам самого растения регулируются еще и температурный режим, влажность воздуха, содержание углекислоты и прочие технологические параметры. Придет пора, когда появятся полностью машинизированные полуфабрики-полуплантации, где умным электронным агрегатам будут переданы все полномочия агрономов.

Светоулавливающий аппарат листьев наделен изумительным совершенством. Но его эффективность, как мы убедились, зависит от многих факторов. Подбирая наилучшее, наиболее благоприятное их сочетание, человек увеличит урожаи сельскохозяйственных культур в 10—20 раз по сравнению с нынешними (средними), считает профессор А. А. Ничипорович (Анатолий Александрович является представителем СССР в специальном комитете Международной биологической программы, занимающемся фотосинтезом и другими проблемами. Всего в Национальный комитет МБП вошли 32 наших ученых).

Механизм фотосинтеза интересен и с другой точки зрения. Это патент природы, еще не расшифрованный конструкторами высокоэкономических электронных преобразователей энергии. Фредерик Жолио-Кюри как-то сказал: «Хотя я верю в будущее атома, однако настоящий переворот в энергетике наступит лишь в тот день, когда мы сможем осуществлять массовый синтез молекул, подобных хлорофиллу, или даже лучше его».

Понятно, почему так важно проникнуть в тонкую механику фотосинтеза. И здесь опять-таки ученым помогают точные методы физики и химии, роль которых неоднократно подчеркивал К. А. Тимирязев, основоположник учения о фотосинтезе.

В свое время немецкий химик А. Байер полагал, что кислород, выделяющийся при фотосинтезе, образуется при разложении углекислого газа. Эта схема долго пользовалась широким признанием. Академик А. П. Виноградов, применяя радиоактивные изотопы, доказал, что кислород порождается не углекислотой, а водой.

Наряду с мечеными атомами эффективным инструментом исследования в руках физиологов стал электронный парамагнитный резонанс. Именно так сотрудникам институтов биофизики и биохимии удалось обнаружить радикальные формы хлорофилла и точно измерить их концентрацию.

Заметьте, какие здесь названы институты: агрофизики, биофизики, биохимии. Проблемой фотосинтеза занимаются также в Государственном оптическом институте, Институте радиационной и физико-химической биологии, Институте геохимии и аналитической химии, в Эстонском институте физики и астрономии, в Белорусском институте физики, в белорусской же Лаборатории биофизики и изотопов... Это говорит не только о том, сколь широк у нас фронт поисков в одной из самых интересных и важных областей физиологии растений, но также о том, что тимирязевская идея физико-химического подхода к биологическим явлениям нашла свое блистательное развитие. Вся мощь современного исследовательского арсенала физики брошена на изучение процессов, протекающих в недрах зеленого листа. Фотоны, электронные скачки, энергетические уровни — нынче эти физические понятия прочно вошли в обиход науки о живой клетке. Уже написаны книги о квантовой биологии.

Фитотрон. Этот термин образован от греческого слова «фитон» — «растение». Созвучный с названиями ламп и ускорителей («магнетрон», «циклотрон»), он обозначает уже знакомую нам технократическую «зеленую республику», где умные приборы управляют развитием и плодоношением растений. Не является ли этот союз флоры и техники символом всей современной биологии, квантовомеханизированной, опирающейся на химию, физику и математику?

Сады земные и неземные

...25 веков назад в знойной безлесной Вавилонии на том месте, где сейчас находится иракский городок Хилле, зазеленел сказочный оазис. Он представлял собой многоярусное сооружение. На просторных площадках, покрытых мощными пластами плодородной почвы, покачивали своими широколиственными кронами стройные пальмы, курчавились невиданные в здешних краях кустарники, вьющиеся растения низко свешивались через бортики балконов, яркие диковинные цветы пестрым ковром устилали землю между стволами. Кругом простирались голые, выжженные равнины, а тут царила прохлада, напоенная пряным ароматом трав, под сенью деревьев умиротворенно журчали ручьи...

Эти великолепные чертоги с солнечными белокаменными лестницами и тенистыми тропинками были воздвигнуты по повелению Навуходоносора: вавилонский владыка решил сделать подарок своей венценосной супруге Амитис. Царица была родом из Мидии, из страны, занимавшей северо-запад нынешнего Ирана и юг Азербайджана. Именно оттуда (из вавиловского центра происхождения культурных растений!) вывозились семена и рассада для пышного оазиса-дворца. Стоустая молва, разнесшая по городам и весям славу о замечательном архитектурно-ботаническом ансамбле, превратила его впоследствии в «висячие сады Семирамиды».

Проектирование комплекса и организация работ — все это требовало сложных инженерных расчетов, владения хотя бы элементарными основами геометрии, алгебры, механики, науки о сопротивлении материалов. Короче говоря, теми сваями, на которых поднялось к небу зеленое чудо Вавилона, оказались именно точные дисциплины, в том числе математика.

Прошли тысячелетия. От висячих садов остались жалкие руины. Далеко вперед шагнула наука и техника. А арабские крестьяне продолжали пользоваться теми же орудиями труда, что и при Навуходоносоре.

Остались в ходу шадуфы — водоподъемные приспособления, похожие на колодец с черпаками, — примерно такие же, как и те, с помощью которых рабы качали воду для орошения древних вавилонских садов.

Но вот в 1952 году в стране пирамид, неподалеку от вавилонских развалин, произошла революция. Она разрушила то, что казалось нерушимым, — несправедливый порядок землепользования, когда у одних — дворцы и сады, у других — нищенские наделы. Вскоре в независимую страну прибыли десятки экскаваторов, землесосных снарядов, гидромониторов, бульдозеров, сотни автомашин, кранов, камнедробилок. Они поступили из Советского Союза. Началось сооружение Садд аль-Аали — Великой нильской плотины под Асуаном. Объем ее — 17 хеопсовых пирамид!

За плотиной разольется одно из величайших искусственных морей на планете. Этот гигантский резервуар будет снабжать поля водой, которая раньше при разливах стекала в Средиземное море. Электрический ток нальет силой мускулы машин. Живительная влага и не менее живительная энергия способны сотворить чудо прекраснее садов Семирамиды.

Первый проект Асуанского гидроузла представила знаменитая английская фирма «А. Гибб и партнеры». Однако наилучшей международная комиссия признала другую работу — ту, что была выполнена в московском институте «Гидропроект» под руководством инженера Н. А. Малышева.

— Знаете, что в этой стройке самое главное? То, что от нее выигрывает весь народ, все 30 миллионов,— сказал Николай Александрович Малышев в беседе с писателем Георгием Кублицким. — Главное именно это, а не 17 пирамид Хеопса.

Пирамида Хеопса... Ее строили 20 лет. 100 тысяч полуголодных рабов, изнемогающих от зноя и жажды, подбадриваемых кнутами надсмотрщиков, вручную, разве что с помощью самых примитивных орудий, выламывали известняковые глыбы, перетаскивали их на себе, отесывали, поднимали и аккуратно ставили одну на другую. Тысячи людей гибли от не-

посильного труда, из-за частых аварий, тысячи несчастных были безжалостно истреблены по окончании строительства, чтобы никто не узнал, как расположены внутренние ходы, ведущие к саркофагу и окружавшим его сокровищам. Тысячи живых приносились в жертву ради одного мертвеца.

Едва ли отрадней выглядела картина работ при сооружении пресловутых висячих садов, которые также предназначались для ублаготворения одного избранника.

А сегодня между развалинами Вавилона и долиной пирамид стоит Садд аль-Аали. От Великой нильской плотины в выигрыше весь народ. И воздвигнуть новое «чудо света» помогли арабам именно русские — те, что за 35 лет до египтян совершили революцию. Социалистическую революцию, отнявшую у помещиков зёмлю, открывшую перед сельским хозяйством путь к коллективизации, путь к машинизации, электрификации, химизации.

Все угодья, все сады и дворцы перешли в руки народа, переданы ему в вечное пользование. Парки, принадлежавшие некогда императорской фамилии и царским вельможам, стали общегосударственным достоянием; некоторые из них превращены в ботанические сады. На обновленной земле появились каналы и плотины, искусственные моря и полезащитные лесополосы. Освоена целина, в жаркую пустыню пришла вода; холодные северные края согреты теплом электростанций. Благодаря электросветокультуре возникают ангары-оазисы, где урожаи снимают круглый год. Исследуется возможность управлять погодой, вызывать или предотвращать осадки; исправно действует противоградовая служба.

Наступит день, когда человек заложит первый сад-дворец на Луне или иной планете.

Ждет ли там человека плодородная целина? Скорее всего нет. Однако перед сельским хозяйством открыта реальная возможность земледелия без земли.

На первый взгляд перед нами явный парадокс. Вспомнить хотя бы сугубо сельскохозяйственные термины «агрономия», «агротехника». В них неспроста

фигурирует греческий корень «агро» — «поле», «земля». И все же...

Живая плоть зеленого организма в своей основной массе (95 процентов сухого веса) построена из соединений, рождающихся при фотосинтезе. Другими словами, львиную долю своего рациона растение извлекает из воздуха, не из земли. Мало того, почва — далеко не идеальная среда для ее зеленых обитателей.

На Нижегородской выставке 1896 года К. А. Тимирязев демонстрировал вегетационный домик, где растения развивались в своеобразных аквариумах — в искусственных жидких средах, без почвы. Этому методу, который получил название «гидропоника» («работа воды»), Климентий Аркадьевич прочил большое будущее. Тимирязевское предвидение оправдалось. Разумеется, практическому осуществлению идеи предшествовали многолетние поиски и других ученых, прежде всего классические работы академика Д. Н. Прянишникова и более поздние исследования Д. А. Сабинина (1940—1948) по физиологии корневой деятельности растений.

В наши дни гидропонические установки—не только опытные, но и производственные — имеются во многих странах. Например, на маленькой Кубе они занимают солидную площадь—13 гектаров. Есть они и у нас — в Москве, Ленинграде, Киеве, Риге, в других городах. Наибольшее распространение получила, правда, не чисто водная культура, а гравийная и песчаная.

В зернистый грунт периодически нагнетается питательный раствор. Смочив корни, оставив на них водяную пленку, он стекает в особый резервуар, а в зазоры между камешками и песчинками снова засасывается свежий воздух. Такая полная смена жидкой среды на газовую и обратно, неосуществимая на полях, благотворно сказывается на растениях; нет нужды во вспашке, рыхлении, прополке, подкормке, а это нелегкие работы! Упрощается борьба с вредителями, уборка урожая. Технологический процесс поддается автоматизации.

Теоретически интересные и практически важные изыскания ведутся вот уже много лет подряд в Армении под руководством академика Гагика Степановича Давтяна, члена Международного общества почвоведов. В Араратской долине помидоры, морковь, огурцы, редис, фасоль, сахарная свекла в условиях гидропонической культуры давали в несколько раз более высокие урожаи, чем на полях, причем не один раз за сезон, а многократно. Овощи поспевали на полтора месяца раньше обычного срока. Тем же способом выращиваются пряности, цветы. В 1961 году в лаборатории агрохимии АН Армянской ССР разработана и построена автоматическая вегетационная камера для непрерывного производства зеленых кормов. Недавно создана новая установка — шестиэтажная. В ней с площади 86,4 квадратного метра убирается столько травы, сколько можно получить при сенокосе на 30—35 гектарах природных лугов.

«Фитотроны и вегетационные камеры искусственного климата,— говорит Г. С. Давтян,— стали не только техническим средством теоретических исследований, но и прообразом будущих высокопроизводительных фабрик растительной продукции, не зависящих от климата и почвы».

Трудно переоценить значение этих работ. Плодородные почвы находятся в опасности — их развеивают ветры, смывают водные потоки. На Земле совершенно непригодными для сельского хозяйства стали свыше 50 миллионов гектаров — целая Франция! Между тем население планеты растет. К 2100 году оно, вероятно, удесятерится.

Разрешить проблему продовольствия поможет гидропоника. Разумеется, она не противопоставляется интенсивному земледелию, а дополняет его. Она окажется незаменимой на высокогорных станциях, в пустынях; для нее найдут место в городах, на крышах домов, или, например, под землей, в отслуживших свой век шахтах, в плотинах электростанций, ею воспользуются экипажи морских судов и даже космических кораблей.

Кстати, в дальних межпланетных рейсах еще

больше пригодится аэропоника. Она хороша тем, что обходится без гравия или песка, которые окажутся лишним балластом на борту космического корабля. Растения здесь не погружены в грунт, а закреплены на решетке, их корни висят в воздухе и опрыскиваются питательной смесью из пульверизатора. Вот уж поистине висячие сады!

Индустриализация и электрификация сулят настоящий переворот в сельском хозяйстве. Но еще большие надежды возлагаются на успехи биологической науки.

Эстафета поколений

В Чехословакии, в городе Брно, есть монастырский садик, небольшой, неказистый. Он не поражает посетителей ни роскошью, ни разнообразием зеленого мира, ни пышностью или оригинальностью архитектурного обрамления. Тем не менее он снискал всемирную известность, способную затмить славу садов Семирамиды.

Сто с лишним лет назад здесь, на делянке размером 35 на 7 метров, над грядками с горохом колдовал скромный августинский монах Грегор Мендель

С 1856 года по 1863-й он провел серию опытов по скрещиванию гороха. Тщательно обработав экспериментальные результаты по всем правилам математической статистики, он вывел свой знаменитый закон, который лег в основу современной генетики.

Раньше считалось, что отличительные родительские признаки — скажем, окраска цветов или семян у гороха — смешиваются в потомках, как кофе и молоко. Даже в 1867 году, уже после того, как Мендель доложил о своем открытии Обществу естествоиспытателей в Брно, инженер Флемминг Дженкин, возражая Дарвину, говорил примерно так: пусть отцу или матери присуща какая-то характерная особенность. У детей останется лишь половина этого качества, у внуков — четверть, у правнуков — «осьмушка» и так далее. Стремительно убывающая геометри-

ческая прогрессия рано или поздно сведет на нет первоначальное свойство.

Прибегнув к столь вескому контраргументу, Дженкин, как ему казалось, опроверг дарвиновскую теорию (она предполагает, что в процессе естественного отбора выживает и побеждает в конкуренции с себе подобными сильнейший — тот, кто лучше других приспособлен к суровым условиям окружающей среды. Родительские качества закрепляются в потомстве и передаются из поколения в поколение).

«Но Дженкин рассуждал, как чистый математик,— писал впоследствии К. А. Тимирязев.— А химик — тот знал бы, что, сливая синюю и желтую жидкость, не всегда получишь зеленую, а порою даже красный осадок. Во сколько же раз сложнее вопрос о слиянии двух организаций, так смело и победоносно разрешенный Дженкином! При одном шестипалом родителе не получаются дети с $5^1/_2$ пальцами, а или с 5, или с 6 пальцами. Я указывал, наконец, как на самый наглядный пример (выводивший из себя моих противников) — на нос Бурбонов, сохранившийся у герцога Немурского, несмотря на то, что в его жилах течет 1/128 крови Генриха IV. Мендель доказал, что при скрещивании, например, зеленого и желтого гороха получится не желто-зеленый (то есть не пятнистый и не средней окраски), а в первом поколении исключительно желтый. Но, что еще удивительнее, в следующем поколении вместо исключительно желтых получаются и те и другие, в отношении трех желтых к одному зеленому... Самым важным результатом является, конечно, тот факт, что признаки не сливаются, не складываются и не делятся, не стремятся стушеваться, а сохраняются неизменными, распределяясь между различными потомками. Кошмар Дженкина, испортивший столько крови Дарвину, рассеивается без следа».

Эпоха Менделя не была подготовлена к правильному истолкованию этих строго количественных соотношений, к объяснению их физико-химической подоплеки. Находка гениального чешского ученого так и осталась незамеченной. Только через 35 лет

ее извлекли из-под спуда на свет божий — после того, как в 1900 году сразу три ботаника (голландец Г. де Фриз, австриец Э. Чермак и немец К. Корренс) пришли к одному и тому же открытию. Три к одному — к тому самому, которое уже сделал некогда Мендель, создавший своего рода гибрид биологии и математики.

Следует, однако, упомянуть, что еще в 1874 году менделевский труд был подробно, с глубоким пониманием его сущности и значения, изложен в диссертации «О растительных помесях» нашим соотечественником И. Ф. Шмальгаузеном, отцом выдающегося советского зоолога И. И. Шмальгаузена, дополнившего эволюционное учение открытием неизвестной Дарвину формы отбора.

Постепенно выкристаллизовалась гипотеза о генах — «атомах наследственности», благодаря которым отдельные признаки, передаваемые из поколения в поколение, сохраняются неизменными (например, желтая или зеленая окраска у гороха). После опытов американского ученого Томаса Гента Моргана (1909—1917 годы) стало ясно: гены не что иное, как звенья хромосом — длинных нитевидных телец, присутствующих в каждой клетке и хорошо различимых под микроскопом.

Аппарат наследственности обеспечивает изумительную стабильность признаков на протяжении многих и многих поколений (вспомните хотя бы «нос Бурбонов»!). Человеческий организм состоит из миллиардов клеток, а развивается из одной-единственной: размножаясь делением, она стереотипно издает себя массовым тиражом. Но как это выглядит физически, на уровне доклеточных структур, долгое время оставалось неясным. В 1927 году профессор МГУ Николай Константинович Кольцов выдвинул гипотезу: менделевские «наследственные задатки» суть многоатомные звенья гигантской молекулы, воспроизводящейся подобно тому, как в типографии с оригинального набора отливаются матрицы. Когда клетка делится, то каждая ее хромосома, удваиваясь, должна давать пару цепочек-близнецов, в точности повто-

ряющих молекулярное и атомное строение исходного образца. Идея Кольцова, переросшая впоследствии в матричную теорию ауторепродукции (самовоспроизведения), нацелила биологов на изучение физико-химических основ генетики.

Самокопированием хромосом сопровождается и образование половой клетки, но в ней от полного комплекта хромосом обычной клетки остается лишь половина их, причем из каждой пары в половую клетку может попасть как отцовская, так и материнская хромосома. Мало того: в процессе такого деления парные хромосомы могут обмениваться генами. Возникают различные комбинации наследственных структур, а с ними и телесных признаков. Это приводит к тому, что дети, будучи похожи на своих родителей, в то же время отличаются от каждого из них, порой даже очень заметно,— ученые говорят о комбинативной изменчивости.

Тем не менее генетическая эстафета сохраняет постоянным весь комплекс главных свойств. У гороха всегда рождается горох, от ржи ожидают рожь, из зерен пшеницы не вырастает овес. Что посеешь, то и пожнешь. То же самое относится и к животным. От обезьяны — обезьяна, от человека — человек...

Как же тогда человек произошел от обезьяны? Как появились на Земле и люди, и обезьяны, и рожь, и горох — словом, чем объяснить то необычайное разнообразие видов в царстве фауны и флоры? Ведь мир живого начинал свою родословную с примитивнейших организмов!

Дарвин полагал, что, несмотря на весь свой биологический консерватизм, организмы способны изменяться, а их виды — эволюционировать, развиваться по разным направлениям. Но лишь в XX веке был вскрыт внутренний механизм изменчивости.

В 1899 году, за год до воскрешения менделизма, русский ученый академик С. И. Коржинский обосновал идею мутаций — отклонений от наследственной программы, полученной от родителей. А в 1926 году в «Журнале экспериментальной биологии» поя-

вилась статья «Некоторые моменты эволюционного учения с точки зрения современной генетики», написанная профессором С. С. Четвериковым. В ней Сергей Сергеевич, развивая линию, намеченную еще Тимирязевым, впервые поставил дарвинизм на фундамент менделизма, синтезировал оба учения, нашел тот перекресток обоих направлений, откуда началась столбовая дорога современной биологии.

Выдающийся советский генетик сделал вывод: изменчивость организмов обусловлена точечными мутациями в хромосомах, случайными опечатками при стереотипном переиздании наследственной программы. Такая ошибка выражается едва заметным искажением какого-то одного, причем крохотного звена в длинной хромосомной цепочке. Отклонения в свойствах у животного или растения при этом могут быть и малозаметны и настолько значительны, что повлияют на всю судьбу существа и его рода. Если новый признак благоприятен для его носителя, он облегчит ему борьбу за «место под Солнцем», позволит ему выжить в процессе естественного отбора и передать новую черточку потомкам. Если нет — организм погибнет, его династия оборвется. Так когда-то внезапное изменение в генотипе некоторых обезьян направило развитие их потомков по боковому руслу, привело к появлению человека. А теперешние гориллы, орангутанги, шимпанзе и их сородичи — представители иной эволюционной ветви.

Без мутаций нет эволюции. Разумеется, и без них комбинативная изменчивость обеспечила бы довольно богатое разнообразие признаков. Но богатое лишь в пределах того генофонда, который отпущен природой виду. Раздвинуть же его рамки, пополнить его могут только мутации. Пополнить новыми факторами, определяющими строение, облик, поведение, а в конечном счете судьбу организма.

Именно мутации поставляют новый материал для естественного отбора. Они как бы выступают с новыми предложениями перед равнодушным и неумолимым судьей, обрубающим нежизнеспособные по-

беги на генеалогическом древе и пропускающим в будущее лишь те из них, что наилучшим образом гармонируют с суровыми условиями окружающей среды.

Тайнопись наследственности? Она уже у корректора

В 1920 году в Саратове собрались селекционеры всей России. Один из докладов приковал к себе всеобщее внимание теоретически интересным и практически важным выводом: у родственных растений схожи и мутации.

Вот, например, хлебные злаки. У пшеницы 8 видов: твердая, мягкая, карликовая и другие. В каждом из них при определенных условиях бывают формы озимые и яровые, красноколосные и белоколосные, остистые и безостые, краснозерные и белозерные. То же генетическое многообразие наблюдается у ржи, овса, ячменя. Эти семейства можно расположить параллельными колоннами так, чтобы в одной шеренге очутились разновидности с аналогичными признаками. Получится классификация, напоминающая периодическую систему элементов. В ней, как и в первом варианте менделеевской таблицы, некоторые клетки окажутся пустыми. Но почему бы не заполнить вакансии гипотетическими, пока не известными ботаникам организмами, опираясь на принцип подобия? Так в свое время поступил Менделеев, предсказавший существование еще не открытых тогда «простых химических тел» и точно описавший их ожидаемые свойства.

Профессор В. Р. Заленский, один из делегатов, сказал: «Съезд стал историческим. Биология будет приветствовать своего Менделеева».

Докладчиком был Николай Иванович Вавилов. Сформулированный им закон гомологических (основанных на сходстве) рядов позволяет предвидеть, какие мутации могут возникать у того или иного растения, если они обнаружены у его родича или

предка. А в 1939 году ученый объяснил причину найденной им периодичности.

В том же году болгарский биолог академик Дончо Костов говорил: «Академик Вавилов — самый популярный ученый на свете; хотя он еще сравнительно молод, нет уголка на Земле, где не знают его имени». Действительно, Николай Иванович числился почетным членом лондонского Королевского общества, Шотландской, Индийской, Чехословацкой академий наук, дюжины научных обществ и университетов разных городов — от Софии до Мехико. На обложке международного журнала «Наследственность» приведен список величайших биологов мира. Сразу после имен Дарвина, Менделя и нобелевского лауреата Моргана стоит Vavilov.

Проводя аналогию между вавиловским и менделеевским открытиями, профессор Заленский едва ли мог тогда предполагать, насколько она глубока. В самом деле, природа периодичности в свойствах химических элементов была объяснена лишь после того, как физики разобрались в структуре атома. Концепция «неделимого» потерпела крах. Та же судьба ожидала и генетику.

В 1928 году Н. П. Дубинин, работавший тогда под руководством профессора А. С. Серебровского, изучал изменения внешнего облика, искусственно вызванные рентгеновским излучением у дрозофилы (плодовой мухи). Он убедился, что теория Моргана, считавшая точечную мутацию преобразованием всего гена как элементарной, не дробимой далее единицы, не соответствует экспериментальным фактам.

Дубинин построил линейную модель гена, где былой «неделимый» предстал расчлененным на дольки — Николай Петрович назвал их «центрами». Оказалось, что хромосомы могут обмениваться не только целыми генами, но и их фрагментами. Что отдельные элементы этой сложной структуры не индивидуалисты; они взаимодействуют друг с другом, и их влияние на организм зависит от положения среди соседей.

На новую концепцию с уничтожающей критикой

обрушился маститый немецкий биолог Рихард Гольдшмидт. Но теория центров восторжествовала. За ее разработку Дубинин в 1933 году удостоился международной Рокфеллеровской премии.

Нападали не только теоретики, но и практики. И не только зарубежные. «К чему делать из мухи слона? — язвили люди, далекие от подлинной науки. — Вместо того чтобы повышать продуктивность скота, вы возитесь с какой-то цокотухой. Муховоды!»

«Многие тогда не понимали, что голая эмпирика, господствовавшая в работе большинства селекционеров, хотя и дает некоторые результаты, однако никогда не сможет без осмысливания, без теории привести к серьезному успеху,— рассказывает академик Н. П. Дубинин.— Большое число (обычно десятки пар) хромосом у животных затрудняет изучение генетических явлений. То ли дело плодовая мушка! У нее всего четыре пары хромосом. Можно работать с тысячами особей одновременно. Причем следующее поколение появляется всего через каких-нибудь 10 дней. А недавние эксперименты по изучению молекулярной структуры гена, открывшие новую страницу в науке, были поставлены с бактериофагами. В пробирке каждые 20 минут удается получать новые поколения микробных вирусов, состоящие из миллиардов особей. Если бы подобные исследования пришлось проводить на домашних животных, потребовались бы целые стада и эпохи!» Конечно, арсенал исследовательского вооружения у нынешнего экспериментатора несравненно богаче, чем 30—40 лет назад. Тогда не было ни электронных микроскопов, ни меченых атомов, ни мощных ультрацентрифуг — всего того, что позволило использовать преимущества фагов перед дрозофилой. Тем не менее именно та методика, которая была разработана в опытах с никчемной дрозофилой, проложила дорогу к нынешнему триумфу в расшифровке тонкого строения гена.

— Если биологи научатся управлять мутациями,— говорит Дубинин,— то, пожалуй, удастся так видоизменять организмы, что их новый облик будет отличаться от старого не меньше, чем слон от мухи. —

И добавляет: — Дрозофила заслуживает такого же монумента, какой воздвигнут в Колтушах по идее И. П. Павлова в честь подопытных собак.

Кстати, там же, в павловском городке под Ленинградом, был сооружен и памятник Менделю. Великий русский физиолог придавал огромное значение генетике вообще и в частности ее роли в изучении высшей нервной деятельности. Действительно, между павловскими и менделевскими идеями существует глубокая взаимосвязь.

В 1947 году увидела свет книга С. Н. Давиденкова «Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии». Автор говорил о наследственных факторах, определяющих особенности высшей нервной деятельности, ее нормальные и аномальные проявления. Это событие академик Леон Абгарович Орбели, один из крупнейших наших физиологов, расценивал как настоящее торжество советской науки.

Да, не только цвет глаз, кожи, волос, не только рост и телосложение завещаются предками потомкам. Бывает врожденная глухонемота. Передаются из поколения в поколение также черточки характера, темперамента; наследуются маниакально-депрессивные психозы, шизофрения, некоторые иные душевные расстройства.

Понятно, сколь велико значение генетики в познании тайн души и тела. Нащупав молекулярные пружины удивительного копировального механизма, заключенного в живой клетке, ученые смогут активно влиять на его деятельность, преобразуя живую природу по своему усмотрению. Попытки редактировать наследственную программу организмов в практических целях уже предприняты.

В 1925 году в Ленинградском институте радия Г. А. Надсон и Г. С. Филиппов сделали важное открытие: ионизирующее излучение способно вызывать мутации. Опыты проводились с дрожжевыми грибками. Два года спустя тот же эффект был обнаружен американцем Г. Меллером в экспериментах с дрозофилой. А в 1928—1930 годах наши ученые А. А. Сапегин и Л. Н. Делоне впервые применили

рентгеновскую радиацию в селекционных целях. Им удавалось резко изменить генотипы пшениц. В 1934 году появилась основополагающая статья Андрея Афанасьевича Сапегина «Рентгеномутации как источник новых сортов сельхозрастений».

Нынче опробованы и используются самые разнообразные излучения как волновые, так и корпускулярные (гамма- и рентгеновы, нейтронные и протонные). Можно добиться, чтобы порожденные ими изменения в структуре хромосом наблюдались в тысячу раз чаще, чем если бы они возникали самопроизвольно в естественных условиях. Так, искусственно вызывая мутации, осуществляя искусственный отбор, человек тысячекратно ускоряет эволюцию.

В 1958 году в Институте биофизики АН СССР подверглись обстрелу гамма-квантами из кобальтовой «пушки» бобовые культуры. Потом провели искусственный отбор: ведь мутации, вызванные жесткой радиацией, в подавляющем большинстве своем вредоносны. Лишь в 1—2 случаях из 1000 они полезны для вида. Усилить эти преимущества можно последующим скрещиванием. Так были выведены новые сорта сои (один из них, «чудо Грузии», дает на 11—12 центнеров с гектара больше, чем стандарт) и фасоли («радиола-1175», «радиола-1177», урожайность которых столь же значительно — в полтора-два раза — выше общепринятой нормы).

В 1964 году на совещании, созванном Государственным комитетом по использованию атомной энергии, Академией наук и Министерством сельского хозяйства СССР, демонстрировались многочисленные мутантные формы пшениц, кукурузы, томатов, картофеля, моркови, хлопчатника и других культур — все они получены с помощью новых физических и химических средств, позволяющих вносить коррективы в наследственную программу организма.

Не только лучевое воздействие способно изменить наследственную конституцию организма.

Три четверти века назад профессор Московского университета И. И. Герасимов, изучая спирогиру, нашел, что на холоде и в присутствии наркотиков эта

нитчатая зеленая водоросль ведет себя несколько необычно. В процессе деления та или иная ее клетка может образовать две неравноценные: в одной совсем нет ядра, и она вскоре погибает; зато в другой их целых два, причем оба затем сливаются, давая удвоенный комплект хромосом. Подобное явление (полиплоидия) не редкость.

Скажем, у дикой пшеницы в каждой клетке содержится 14 хромосом, у культурных же ее сородичей — по 28 (твердые сорта, именно они наиболее ценны с хозяйственной точки зрения) и даже по 42 (мягкие). В первом случае (7 хромосом от отца и столько же от матери) растение называется диплоидом; во втором (четырежды семь) — тетраплоидом; в третьем (шесть раз по семь) — гексаплоидом. Как видно, количество хромосом кратно их единичному (гаплоидному) набору, поступившему в оплодотворенную клетку из родительской гаметы. В двух последних примерах оно вдвое и втрое больше нормального — присущего диплоиду.

Такие аномалии, увеличивая резервы наследственной изменчивости, наделяют организм и его потомство большей генетической гибкостью, приспособляемостью, живучестью. Неспроста в самых неблагоприятных условиях заполярных тундр, бесплодных пустынь и высокогорных районов встречаются чаще всего именно полиплоиды.

Сказочно богато царство флоры, и половина его представителей — полиплоиды. Подчеркивая их роль, академик П. М. Жуковский напоминал, что человечество обязано преимущественно им своим хлебом насущным, уж во всяком случае, вегетарианской частью своего меню. Пшеница, овес, картофель, сахарный тростник, яблоки, груши, вишни, виноград, лимоны, ананасы, бананы...

Полиплоиды, как правило, крупнее, массивнее, урожайнее диплоидов. Есть у них и другие ценные качества.

К столь замечательным результатам природа пришла случайно. Человек не хочет уповать на волю случая, он не может ждать милостей от природы.

Только вот как увеличить набор наследственных внутриклеточных структур?

В 1927 году заведующий лабораторией генетики Всесоюзного института растениеводства в Ленинграде Г. Д. Карпеченко скрестил редьку с капустой. От каждого из родителей отпрыск получил по 9 хромосом. Однако они были настолько чужеродными, что гибрид оказался бесплодным. И все же его стерильность удалось преодолеть. Карпеченко проследил, как идет деление клеток — оно протекало неправильно, приводя иногда к образованию 18-хромосомных яйцеклеток и такой же пыльцы. При слиянии этих гамет возникал тетраплоид, особенность которого заключалась в том, что он совмещал в себе хромосомы (их было 36) двух разных видов, а не одного, как у обычных полиплоидов. Но главное в другом: теперь он мог давать потомство! Появился совершенно новый вид растения, одинаково далекий от редьки и капусты: он даже не скрещивался с ними.

Вскоре после замечательных работ советского генетика ученые многих стран вплотную занялись интереснейшим биологическим явлением, каким оказалась полиплоидия. В 1936 году американцы Блексли и Айвери натолкнулись на важную находку: колхицин, особый ядовитый препарат, поражал механизм клеточного деления, а это влекло за собой удвоение хромосомного комплекта. Не прошло и двух лет, как 41 вид растений подвергся такому превращению.

В 1941 году В. В. Сахаров, С. Л. Фролова и В. В. Мансурова (лаборатория генетики Института экспериментальной биологии) переделали гречиху сорта «большевик» в тетраплоид. Чуть позже того же результата добился А. Р. Жебрак (Институт земледелия АН Белорусской ССР). В белорусском колхозе «1 Мая» новая разновидность старой культуры давала значительно больший урожай (17—18 центнеров с гектара), чем ее обычные формы. В Ботаническом саду АН БССР снимали даже по 36 центнеров.

А в 1964 году Государственная комиссия по сор-

тоиспытанию постановила внедрить в сельское хозяйство «кубанский полигибрид-9». Это триплоидная сахарная свекла, отличающаяся высокой урожайностью и сахаристостью. Вывели ее совместными усилиями сотрудники Института цитологии и генетики Сибирского отделения, Украинской академии наук и Первомайской опытной селекционной станции (А. Н. Лутков, В. А. Панин, В. П. Зосимович).

М. С. Навашиным создан полиплоидный кок-сагыз, в котором содержание каучука гораздо выше, чем в исходном «дикаре».

Искусственно вызвать полиплоидию у животных удалось лишь академику Б. Л. Астаурову. Его тетраплоидный тутовый шелкопряд дает на треть больше шелка, чем обычный.

В 1948 году на августовской сессии Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина А. Р. Жебрак отмечал, что советские работы по полиплоидии гречихи, проса, ржи, некоторых других культур являются наиболее оригинальными. В них больше, чем в каких-либо других работах по генетике, сказывается правильность афоризма Маркса: философы до сих пор только объясняли мир, а задача заключается в том, чтобы его перестроить.

— Советский Союз может с полным правом гордиться тем, что, несмотря на многочисленные насущные материальные нужды, преодолеваемые им при построении великого нового общества, он сумел поднять ряд разделов теоретической науки, в том числе и генетику, до уровня, который всеми признается столь же или даже более высоким, чем уровень этих наук в других странах, — говорил лауреат Нобелевской премии Г. Меллер, посетивший СССР в 1936 году.

Новые гибриды... это не островки, а целый материк!

Световые, рентгеновы, гамма-лучи... Бета- и альфа-частицы, протонные и нейтронные пучки... Кванты и корпускулы... В биологии, как и в физике, они

стали тонким инструментом преобразования природы. А химические агенты?

В Институте химической физики АН СССР, в лаборатории, которой руководит профессор И. А. Рапопорт, обнаружены новые мощные средства активного воздействия на хромосомы и гены: этиленимин, нитрозоэтилмочевина, диалкилсульфаты и другие препараты. Используя ультрафиолетовые лучи и этиленимин, советские ученые С. И. Алиханян, Л. Н. Борисова, Ф. С. Клепикова и С. З. Миндлин получили новую «породу» микроорганизмов, вырабатывающих пенициллин. Продуктивность ее вдвое выше, чем у зарубежного штамма, который считался наилучшим: он образует антибиотик в сотни раз быстрее, чем исходная природная плесень. Новые штаммы плесневого грибка, выведенные в СССР, производят пенициллин на заводах Чехословакии, Румынии, Болгарии, Венгрии.

Академик Семенов, директор Института химической физики, где решаются также и биологические проблемы, говорит: «Открытия, свидетелями которых мы являемся, знаменуют собой поистине фантастические перспективы. Вероятно, сначала мы научимся вызывать по желанию направленные мутации, меняя свойства существующих видов, а в будущем, может быть, биолог будет создавать новые виды, как физики, познав строение атомного ядра, создали новые химические элементы, продолжив таблицу Менделеева».

Опустившись на молекулярный уровень, наука о живой материи поднялась на новую ступень. И это относится не только к генетике.

В 1939 году начался важный этап в становлении молекулярной биологии — была расшифрована химическая природа мускульного сокращения. Советские ученые В. А. Энгельгардт и М. Н. Любимова провели изящный эксперимент: выделяли из мышцы белковые волоконца, затем действовали на них кислотой. Миозиновые ниточки тотчас укорачивались, будто напрягались. И снова вытягивались, как бы расслаблялись, когда раствор становился более ще-

лочным. Происходило прямое преобразование химической энергии в механическую. Позднее у нас и за рубежом были сконструированы небольшие моторчики — в них движителями служили синтетические полимеры, то удлинявшиеся, то вновь сжимавшиеся при изменении кислотности среды.

Классическая работа Энгельгардта и Любимовой заложила основы механохимии. Оказалось, что аналогичными процессами обусловлены движения самых различных, порой весьма несхожих организмов. Например, мимозы, этой зеленой недотроги, складывающей свои листья и поникающей долу в ответ на прикосновение. Или клетки: когда она делится, ее вещества, в том числе ее хромосомы, перемещаются внутри оболочки. Даже вируса — ведь он действует на манер шприца: его белковая оболочка способна сокращаться, впрыскивая внутрь атакованной бактерии собственную нуклеиновую кислоту — генетическую матрицу, которая навязывает пораженной клетке иную программу белкового синтеза и приводит свою жертву к гибели.

Да, физиологические явления при всем их своеобразии вполне объяснимы без апелляции к пресловутой «вис виталис» («жизненной силе»); их суть сводится к физико-химическим, в частности, к механохимическим процессам.

«Жизнь есть сложный химический процесс»,— говаривал лауреат Нобелевской премии И. П. Павлов. Еще полвека назад, когда почти ничего не было известно о химических механизмах сложных явлений в нервных тканях, он пришел к убеждению, что тайну мыслей и чувств, материалистическую подоплеку психической деятельности раскроют именно химия и физика. Правда, сам Иван Петрович не культивировал химический подход к физиологическим проблемам. Пробел этот восполнили ученики Павлова — прежде всего П. К. Анохин, ныне академик, воспитавший собственную научную школу.

В лаборатории Анохина установлено, что отрицательные эмоции — скажем, тоска, страх, связаны с чрезмерно интенсивным поступлением в кровь осо-

бого гормона, выделяемого надпочечниками, — адреналина. Возникает угнетенное, подавленное состояние. Оно особенно устойчиво при некоторых психических расстройствах, а многие из них передаются от родителей к детям. Как вернуть человеку душевный покой, жизнерадостное мироощущение? Вернуть даже вопреки наследственной закваске? Оказывается, зловредное влияние избыточных количеств адреналина можно нейтрализовать введением аминазина — химический препарат способен противостоять недугу, запрограммированному в генетическом коде!

Не только физико-химические, но даже математические методы (вероятностно-статистический подход, теория информации, машинные вычисления) пришли в биологию. Не рождается ли на наших глазах новый научный «гибрид»?

Вот что писал несколько лет назад известный советский математик, член-корреспондент АН СССР Б. В. Гнеденко: «Я не считаю, что уже имеется необходимость создавать особую дисциплину «математическая биология» наподобие математической физики. Но для меня нет сомнений в том, что назрела пора, когда коллективы математиков и биологов должны начать совместную работу над разрешением коренных биологических проблем».

Такая работа уже началась, и партнеры, заключившие этот союз, извлекают из нее обоюдную пользу. Что ж, биологии есть чем поделиться и с кибернетиками, и с физиками, и с химиками.

Изучение фотосинтеза позволит создать новые катализаторы, столь же эффективные, как и ферменты; тогда химические реакции пойдут без помощи сильного сжатия и нагревания. Электронщики собираются позаимствовать у хлорофилла некоторые технологические секреты для дальнейшего развития физики полупроводников.

Инженеры моделируют мышцу искусственными полимерами, надеясь построить столь же экономный механохимический мотор.

Уже есть приборы, построенные по патентам при-

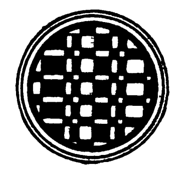
роды, воплощенным в конструкциях органов живых существ, — их изучением занимается бионика.

Еще Сеченов считал мысль о машинности мозга настоящим кладом. В 1935 году советские ученые П. К. Анохин и Н. А. Бернштейн, исследуя поведение животных и человека, впервые сформулировали принцип обратной связи. Лишь через 12 лет этот фундаментальный вывод сделал краеугольным камнем кибернетики ее творец Норберт Винер.

Биологию и впрямь можно сравнить с огромным садом, который разросся и расцвел после того, как под него подвели прочные сваи точных наук.



Глава седьмая



ТВОРЕЦ И РОБОТ

Будущее принадлежит машине, она заменит людей во всех отраслях производства, даже при сооружении машин. Она будет сама себя размножать, предоставляя людям роль надсмотрщика — роль очень ограниченную, так как электричество займет в ней место нервной системы.

Поль Лафарг, философ-марксист, Франция, 1888 г.

В самом деле, я не ошибаюсь.

«Стрела», вычислительная машина, СССР, 1964 г.

Способны ли машины порождать себе подобных, как живые существа? Возможна ли в процессе такого самовоспроизведения прогрессивная эволюция, ведущая к появлению «потомков», гораздо более совершенных, нежели их «предки»? Будут ли когда-нибудь автоматы испытывать эмоции — радоваться, грустить, негодовать? Наконец, хотеть чего-то, самостоятельно намечать себе ту или иную цель, которую перед ними вовсе и не ставил их конструктор?

В апреле 1961 года эти проблемы поднял академик Андрей Николаевич Колмогоров в своем знаменитом докладе «Автоматы и жизнь», подготовленном для семинара научных работников и аспирантов механико-математического факультета МГУ.

Дело Пигмалиона и Галатеи

— Я не вижу никаких принципиальных ограничений в кибернетическом подходе к проблеме жизни. Человек является материальной системой конечной сложности, весьма ограниченного совершенства и поэтому доступен имитации.

Так говорил человек, роль которого всемирно известный американский ученый, общепризнанный «отец кибернетики» Норберт Винер оценивал следующим образом: «Все мои действительно глубокие идеи содержались в работе Колмогорова до того, как они появились в моей собственной, хотя мне и потребовалось много времени, чтобы узнать об этом. Это дает Колмогорову приоритет, и хотя этот приоритет лишь частичный, тем не менее я хочу подчеркнуть, что есть все основания считать его человеком, не только самостоятельно открывшим значительную часть предмета, но и впервые написавшим о нем».

Разумеется, кибернетика впитала в себя многие идеи (Винер, в частности, ссылается на исследования академиков И. П. Павлова, А. Н. Крылова, Н. Н. Боголюбова), но бесспорно, что как концепция, как программное направление она впервые была сформулирована им самим. Его книга «Кибернетика», вышедшая в США, стала научным бестселлером 1948 года. Она дала мощный импульс новым исследованиям в самых различных областях науки.

В 50-х годах английский математик А. М. Тьюринг в своей работе «Может ли машина мыслить?» обсуждал перспективу — удастся ли сконструировать робот, который нельзя отличить от человека? Постойте-ка... Что-то очень знакомое. Ах, да!

В одном из произведений немецкого романиста и композитора Э. Т. А. Гофмана повествуется об Олимпии, заводной кукле, изготовленной механиком Спаланцани,— она была похожа на живого человека как две капли воды. Но то сказка!

В поэме Овидия «Метаморфозы» изложено древнегреческое предание о Пигмалионе. Скульптор, к

тому же женоненавистник, он вдруг страстно полюбил изваянную им статую девушки — и та ожила, прекрасная Галатея, дабы осчастливить своего творца. Опять миф!

Но вот в середине XX века давний мотив легенд, традиционная тема фантастики обретает новое звучание. Вокруг кибернетических «Галатей» и «Олимпий» завязалась шумная дискуссия.

— Создание искусственных живых существ — мыслящих, творящих, радующихся, страдающих и способных производить собственных «отпрысков»? Полноте! Хороша была бы электронная Галатея с походкой шагающего экскаватора и хваткой Каменного гостя...

Перчатка, брошенная скептиками, поднята академиком С. Л. Соболевым:

— По всей вероятности, из электронных ламп, конденсаторов, сопротивлений и катушек такую машину сделать нельзя. Полупроводники расширяют возможности построенных из них систем. Но как только люди научатся применять в автоматах, например, белковые вещества и обнаружат полезность такого нововведения, они немедленно употребят этот материал. Бессмысленно ставить здесь какие-либо запреты и ограничения.

Ну, а что могут и чего не могут сегодняшние машины?

Все, кто пожелает проиграть музыкальные пьесы, сочиненные машиной «Урал-2» по программе московского ученого Р. Х. Зарипова, найдут их в 15-м выпуске сборника «Проблемы кибернетики» за 1965 год. Там же помещены произведения и других электронных авторов. В частности, вычислительное устройство «Урал», запрограммированное Р. Г. Бухараевым и М. С. Рытвинской (Казанский университет), положило на музыку элегические стихи. Ценителям романсов не следует, конечно, забывать, что это лишь первые попытки автомата служить Полигимнии и ее сестрам. Да и другим музам тоже: машина пробует свои силы также на литературном поприще.

Без божества, без вдохновенья?

Несколько лет назад в зарубежной прессе промелькнули сенсационные сообщения о поэтических упражнениях электронных версификаторов. Один из них, лирик РКА-301, сработанный американскими физиками, располагая запасом в сто слов, выдавал в минуту десятки и сотни строф, напоминавших не очень вразумительные опусы современных авангардистов. А вот образец прозы — она принадлежит перу «Каллиопы», французской машины, носящей имя музы — покровительницы красноречия: «Мой горизонт состоит лишь из красной портьеры, откуда с перерывами исходит удушливая жара. Едва можно различить мистический силуэт женщины, гордой и ужасной; эта знатная дама, должно быть, одно из времен года. Я больше ничего не вижу и продвигаюсь к занавесу, который мои руки смущенно раздвигают...» И так далее, в том же духе.

Что ж, символическое признание: творческий горизонт, задернутый шторами ограниченности... Удастся ли когда-нибудь бездушным роботам «раздвинуть занавес», за которым откроется перспектива осмысленной литературной деятельности?

Робот взывает о помощи, на выручку спешит творец. Сумеет ли человек передать кибернетическим устройствам хоть капельку своего вдохновения?

— А почему бы им не писать? — так отвечал академик А. Н. Колмогоров на вопрос о потенциальных возможностях машин-литераторов. — Сейчас мы всерьез не думаем о создании подобных автоматов. И даже если во Франции появился электронный поэт («Каллиопа» фабриковала и вирши. — *Л. Б.*), к серьезным работам это не имеет отношения. Но допустим, будет сконструирована машина, которая способна написать поэму, равноценную «Медному всаднику». Такая машина не может быть устроена проще, чем мозг Пушкина... Чтобы осуществить обучение такого автомата, пришлось бы промоделировать общественную среду, вне которой поэзия не может возникнуть,

все развитие культурной жизни того общества, в котором поэты развиваются. Проблема неимоверно сложна. Так что пока конкуренция автоматов настоящим поэтам не страшна...

Пока действительно не страшна. Ни поэтам, ни прозаикам. Но кибернетические кандидаты на Парнас, переживающие сейчас пору своего младенчества, непрестанно совершенствуются.

«Ты въедешь скоро в трех верстах от единственного поместья», «Вы будете беспокоить ваших стариков», «Рано мать попьет». Эти и десятки других подобных фраз сконструированы машиной «Стрела» по программе Н. Г. Арсентьевой (Институт прикладной математики АН СССР). При составлении алгоритмов Нина Георгиевна опиралась на результаты кропотливого анализа, которому она подвергла пушкинские «Повести Белкина». Как видно, получались не только грамматически правильные, но и осмысленные высказывания. Однажды машина самонадеянно заявила: «В самом деле, я не ошибаюсь». Если бы это было так! Что ж, с синтаксической стороны все обстояло более или менее благополучно. Зато со смысловой... Некоторые «пробы пера» «Стрелы» выглядели и так: «Накануне красной тройки мы поспешим, может быть, въехать под своим богатым волнением...»

Эксперименты помогли выявить отдельные особенности сложнейшего и удивительнейшего явления, настоящего чуда, которое кажется нам таким простым и естественным, — изреченной мысли. В то же время они дали почувствовать, что нужен более совершенный набор инструкций, который даст машине возможность самой распознавать нелепость или осмысленность синтезированных ею текстов. Успешную попытку создать такой алгоритм предприняли А. А. Стогний и Н. М. Грищенко под руководством академика В. М. Глушкова. Другой киевский математик, Э. Ф. Скороходько, составил программу, по которой автомат строил осмысленные предложения. «Осмысленные» — значит, не противоречащие реально возможной ситуации. К ним не могло принадлежать, на-

пример, такое (из перлов «Каллиопы»): «Эта знатная дама, должно быть, одно из времен года».

Если раньше машина бездумно соединяла части речи в грамматически правильные сочетания, то теперь она начинает постигать значение слов, вникать в смысл высказываний. Робот учится творить. Но если даже он и не преуспеет в синтезе текстов и мелодий, то это ничуть не умалит его заслуг в анализе произведений литературы и искусства, созданных человеком.

Человек — это стиль, и каждому художнику присущи свои неповторимые особенности, излюбленные приемы. Выявляя их, машина устанавливает, может ли данному писателю или композитору принадлежать то или иное произведение, автор которого не известен. Конечно, речь идет скорее об услугах автомата, заслуги же справедливее отнести на счет его творца, его наставника, его научного руководителя.

На кафедре теории вероятностей механико-математического факультета МГУ, которой заведует академик А. Н. Колмогоров, точными количественными методами изучается русский язык, в частности его ритмика.

Пушкин, Тургенев, Достоевский, Чехов, Блок, Есенин, Маяковский — их, и не только их, тексты препарировались математическим скальпелем. Выяснилось, что художественная проза, как ни странно, почти не отличается по своей ритмике от научной и деловой, хотя стилистическая разница между ними сразу же бросается в глаза (она объясняется, естественно, не распределением ударений, а образностью). Зато чеканная поэтическая речь, бесспорно, обладает целым рядом черт, выделяющих ее среди других языковых построений. Ее метрика может служить объективным мерилом при анализе стилистической манеры того или иного автора.

Подобные исследования, понятно, не обещают сиюминутных выходов в практику. Однако они, несомненно, обогатят литературоведение, помогут познать природу творчества, «поверить алгеброй гармонию», заменить расплывчатые литературоведческие

дефиниции математически строгими объективными оценками. Вкупе с теоретическими и экспериментальными результатами других ученых они приблизят эру мыслящих машин.

Перед девятым валом

16 марта 1963 года телеграф принес из Рима весть: международная премия Бальцана за достижения в области математики присуждена советскому ученому А. Н. Колмогорову. Вместе с Колмогоровым наградой того же фонда, но уже по другим разделам, были отмечены австрийский профессор Карл фон Фриш (биология) и американец доктор Сэмюэль Э. Моррисон (история).

Заметьте: работы относятся к трем разным научным сферам и изложены на трех непохожих языках — русском, немецком, английском. А ознакомиться с ними должны были итальянцы. Да и не только с ними — ведь предстояло выбрать наиболее достойные из многочисленных исследований, непрестанно публикуемых на десятках языков. Впрочем, самим ученым еще важнее быть в курсе всего, что достигнуто их заграничными коллегами.

На первый взгляд тут нет ничего особенного. Подумаешь — перевод. Миллионы людей освоили это не бог весть какое хитрое ремесло. И все ж...

О том, что в СССР создана оригинальная конструкция турбобуров, фирмы США узнали лишь 6—7 лет спустя после появления наших публикаций. Целых пять лет и 200 тысяч долларов затратили американцы на разработку системы переключений в линиях связи. Увы, решение, найденное с большим трудом, можно было в готовом виде почерпнуть из широко доступных советских источников, ибо наши ученые и инженеры справились с той же задачей еще в 1950 году.

По данным ЮНЕСКО, Советский Союз издает вчетверо больше переводной литературы, чем США; в девять раз больше, чем Япония. В 1953 году на ба-

зе ВИНИТИ (Всесоюзного института научной и технической информации) у нас создан объединенный «Реферативный журнал». Кратко излагая содержание статей из 100 с лишним стран мира, он охватывает все или почти все главные отрасли знаний. «Русское реферирование, — признают специалисты США, — достигло такого уровня, когда американские ученые черпают сведения об успехах своих же соотечественников из советских рефератов». ВИНИТИ, эту грандиозную фабрику по экстрагированию информации, обслуживают десятки тысяч переводчиков и редакторов. Столько внимательных глаз! Неужто они могут что-то проглядеть?

О полезном техническом новшестве — съемных протекторах для автомобильных шин — американские журналы сообщили в 1953 году. А наши о том же самом — через шесть лет! Увы, подобные казусы — не редкость.

Ежегодно на «рынок текстов» выбрасывается 3 миллиона научных статей, 60 тысяч книг (имеются в виду, естественно, не тиражи, а названия), 200 тысяч описаний к авторским свидетельствам и патентам. Настоящее бумажное цунами! Каждый день к уже имеющимся химическим журналам прибавляется по одному — по два новых. Даже самый усидчивый химик, с маниакальным упорством глотающий по 20 статей в сутки круглый год без передышки, не в силах ознакомиться и с десятой долей всех периодически поступающих публикаций, относящихся к его профессии. А ведь ознакомиться мало — надо «переварить» прочитанное.

Не лучше обстоит дело в математике, физике, биологии, на других важнейших направлениях научного прогресса. Семь миллиардов страниц ежегодно добавляются к уже погребенным в библиотечных «колумбариях».

Мозгу нужен могущественный союзник, чтобы во всеоружии встретить девятый вал информации.

Творец взывает о помощи — на выручку спешит робот.

ИПС... Это инициалы «спасательной службы» — информационно-поисковой системы. Ее назначение понятно из самого названия. Арсенал ее средств включает в себя перфокарты, микрофильмы, счетно-решающие устройства. Ее профиль может быть любым — от математики до медицины. В Советском Союзе первая ИПС была разработана в Москве, в Институте хирургии имени А. А. Вишневского. Теперь такие исследования ведутся в Ленинграде, Киеве, Минске и других городах.

В Украинском научно-исследовательском институте туберкулеза и грудной хирургии под руководством профессора Н. М. Амосова организован архив, где истории болезней (пороков сердца) заносятся на перфокарты. Собранные сведения предназначены для ввода в электронные машины. Создаваемая в институте ИПС станет первым этапом на пути к построению целой их сети, охватывающей лечебные учреждения всей страны. Вынашивается проект медицинского информационного центра. В Институте кибернетики АН СССР уже изучаются способы передачи медицинских данных в виде чисел и кривых.

В лаборатории электромоделирования ВИНИТИ коллектив ученых (А. Л. Сейфер и другие) занят проблемой автоматического поиска химической информации. Здесь рождается «электронная энциклопедия». Команду: «Найти все вещества с такой-то совокупностью свойств!» — машина «Урал-4» выполняет за 5—6 секунд, просматривая пакет, содержащий 40 названий. Сплошной перебор всего информационного массива неорганической химии и извлечение из него нужных справок отнимает 20—25 минут.

Проектируется ИПС по математической теории эксперимента (В. В. Налимов, Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский).

Будут, непременно будут машинные информаторы, всеохватывающие, емкие по содержанию, универсальные и специальные, с оперативными службами поиска нужных сведений, с электронными референтами и переводчиками.

...«Машина для автоматического производства

нуждающихся только в литературной обработке готовых печатных переводов с одного языка одновременно на ряд других языков» — так назвал свое изобретение преподаватель истории техники Петр Петрович Троянский. Патентную заявку он подал 5 сентября 1933 года. И вскоре получил авторское свидетельство за № 40995. Оно удостоверяло, что сконструировано устройство «для подбора и печатания слов при переводе с одного языка на другой», то есть для механизированного поиска русских эквивалентов каждому члену переводимого предложения с тем, чтобы оттиснутую на бумаге заготовку просмотрел еще и выправил корректор. По идее Троянского, человеку не нужно было самому копаться в словаре; ему оставалось только подогнать друг к другу по форме и по смыслу найденные машиной существительные, глаголы и прочие части речи.

Детище Троянского представляло собой скорее автоматизированный словарь. Бесспорно, богатый: в нем умещалось 80 тысяч корней — в несколько раз больше, чем употребляли Пушкин и Толстой. Но словарь еще не толмач. К тому же агрегат являлся механической системой, не электронной, так что по быстродействию, естественно, не смог бы тягаться с нынешними своими потомками. Тем не менее он по праву вошел в историю как первая попытка освободить переводчика от чисто механических операций, не требующих интеллектуальных усилий, зато пожирающих немало времени и мешающих сосредоточиться на творческой стороне дела.

Интересный замысел советского изобретателя опередил эпоху — его дальнейшее развитие стало возможным лишь много лет спустя на базе радиоэлектроники и кибернетики.

В декабре 1955 года быстродействующая электронная счетная машина (БЭСМ) дала вполне удовлетворительный подстрочник к одной английской научной книге. Инициаторами эксперимента были сотрудники Института точной механики и вычислительной техники И. С. Мухин, Л. Н. Королев, С. Н. Разумовский.

Машина держала в памяти 952 английских слова и 1073 их русских «двойника». При поиске русских эквивалентов точное их соответствие оригиналу по форме и по смыслу контролировалось самой машиной. Ею же из слов, подобранных на основе такого анализа, синтезировалось русское предложение с естественным для нашего языка строем и даже со знаками препинания.

В июне 1956 года появился первый автоматический перевод с французского на русский. Его выполнила машина «Стрела» по программе, составленной коллективом ученых (О. С. Кулагина, Г. В. Вакуловская и другие) под общим руководством одного из пионеров кибернетики — А. А. Ляпунова, ныне члена-корреспондента АН СССР. Электронный «толмач» располагал запасом в 1156 самых употребительных французских слов. Кстати, в своих первых экспериментах с машинным переводом на английский (январь 1954 года) американцы ограничились набором в 250 русских слов.

Впрочем, дело не в богатстве лексикона. В житейских разговорах мы запросто обходимся несколькими сотнями слов. Если их список возрастет до 2500, то, как установили сотрудники Таллинского научно-исследовательского института педагогики, он покроет наши потребности в 80 случаях из 100. Остальные десятки тысяч русских слов гораздо менее употребительны и встречаются куда реже. Главное в другом. Никому не известен психофизиологический механизм творческого процесса, благодаря которому переводчик расшифровывает чужеземные письмена и передает на своем языке заложенные в них мысли. Машине же нужна исчерпывающая инструкция, предусматривающая каждый ее шаг.

Вся процедура автоматического перевода расчленяется на элементарные логические операции. Программа для «Стрелы» состояла из 17 сложно взаимосвязанных блоков (разделов), включавших 8500 команд. Целый устав! И преподробнейший. Тем не менее он давал правила поведения лишь в простейших ситуациях, да и то не во всех.

Вот, к примеру, омография, когда разные понятия записываются абсолютно одинаково: коса, лук, пол, нота, гол. Еще Троянский в своем механизированном словаре приводил все их толкования: скажем, коса может оказаться женской прической, песчаной отмелью, сельскохозяйственным орудием. То же явление свойственно и другим языкам. Нужный вариант должен был выбрать корректор. «Стрела» в подобных случаях печатала все русские значения французского омонима; оставить лишь одно, единственно нужное, отбросив остальные, она не умела. Вот если бы она понимала смысл фразы, сама чувствовала контекст, тогда другое дело, но...

«Электронный мозг» еще только учится этому искусству.

Сейчас автоматическим переводом и математической лингвистикой у нас занимаются сотни людей, десятки лабораторий и групп как в Москве (МГУ, ВИНИТИ, Математический институт имени В. А. Стеклова, Институт прикладной математики, Институт языкознания АН СССР, Центральный научно-исследовательский институт патентной информации, другие учреждения), так и в других городах — в Киеве, Новосибирске, Ленинграде, Тбилиси, Ереване, Горьком, Саратове, Ташкенте, Таллине...

Творец и робот в едином строю наступают на разбушевавшуюся стихию информации, отводя от здания науки далеко не мифическую угрозу.

«На всей земле был един язык и одно наречие» — так начинается ветхозаветное предание о пресловутом вавилонском столпотворении. Пока люди понимали друг друга, строительство якобы продвигалось настолько успешно, что доисторический небоскреб достиг колоссальных размеров. Это был вызов самому господу. Но всевышний сразу же смекнул, как пресечь предерзостное посягательство сынов человеческих на его престиж. Нет, он не наслал на возгордившихся своих рабов ни мор, ни потоп, ни пожар. Просто он взял да и учинил разноязыкость. Мешанина наречий тотчас разъединила тысячеликую семью строителей, посеяла бестолковщину, распри. И хоть

Вавилонскую башню включили потом в список чудес света, представление о ней ассоциируется не столько с величественной монументальностью, символом людского могущества, сколько с беспомощностью, вызванной языковыми барьерами.

Языковая разобщенность давно уже мешает ученым. Особенно сейчас, когда выдвигаются и реализуются проекты, куда более грандиозные, нежели Вавилонский «столп» и все чудеса древнего мира, вместе взятые. Проекты, которые требуют тесного международного сотрудничества и взаимопонимания. Гигантские ускорители... Центры ядерных исследований... Трансконтинентальные энергетические, телевизионные, радиоастрономические системы... Глобальная сеть спутников связи или космических метеостанций... Сверхглубокие скважины...

Без обмена информацией вообще немыслимо создание никаких технических «чудес» — ни сущих, ни грядущих.

«Нужно выработать радикально лучшее средство общения, — считает английский ученый-марксист профессор Джон Бернал, — особенно ныне, когда мир становится действующим научным и экономическим комплексом, в котором вавилонская мешанина языков является ужасающими путами».

Поможет ли робот создать «радикально лучшее средство общения»?

Специалисты осторожны в своих оценках. «Достижения машинного перевода пока еще достаточно скромны, — признает академик Аксель Иванович Берг, председатель Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, — трудно ожидать серьезных, имеющих значение для практики результатов ранее чем через 8—10 лет».

Анализируя возникающие здесь трудности, профессор Колумбийского университета (США) Мортимер Таубе касается и экономического аспекта: «Кодирование печатного текста — дорогая операция. Даже самые пылкие машинопоклонники не отрицали, что автоматический перевод останется экономически невыгодным до тех пор, покуда не будет создано чи-

тающее устройство, способное автоматически преобразовывать печатный текст в последовательность отверстий на перфокартах или иной код, легко воспринимаемый машиной. Имеются читающие устройства, которым доступны шрифты стандартной формы и стандартного размера при строго определенном положении букв. Но никто еще не придумал устройства, способного правильно считывать любой шрифт».

Над технической задачей, о которой упоминает Таубе, много лет подряд бились ведущие кибернетики США (Оливер Селфридж, Фрэнк Розенблат) и других стран. Проблема оказалась не из легких.

Соотечественник Таубе, математик Уолтер Питтс, как-то заметил: «Даже определение абсолютно точных и строгих правил узнавания буквы А во всех видах, встречающихся хотя бы в печатном тексте, — грандиозная задача». И тут же выразил сомнение, что ее вообще удастся когда-нибудь решить.

7 февраля 1962 года собрание Академии наук заслушало доклад директора Института автоматики и телемеханики академика В. А. Трапезникова о работе советского ученого Э. М. Бравермана, предложившего весьма перспективный подход к проблеме.

Видеть букву, понимать дух!

Когда мы разглядываем какой-нибудь вензель, его изображение проецируется хрусталиком на глазное дно, которое похоже на соты — оно состоит из великого множества тесно примыкающих друг к другу клеток (палочек и колбочек). Каждый из этих зрительных рецепторов воспринимает лишь кусочек общей картины. Если ячейка оказалась затененной, от нее в мозг по нервному волокну идет иной сигнал, чем от незатененной.

Сетчатку можно моделировать мозаикой, составленной из фотоэлементов. Допустим, их 60 (это несравненно меньше, чем светочувствительных клеток на внутренней стенке глаза, но принципиальной раз-

ницы тут нет). И расположены они 10 горизонтальными рядами друг под другом, по 6 штук в каждом ряду. Получилась прямоугольная сетка. Представьте, что на нее упало изображение плоской черно-белой фигуры. Пятерка, не правда ли? Неказистая, но все же не тройка, не семерка, не иная цифра. Мы сразу узнали ее выразительный абрис. А вот машине надо втолковать: мол, данный орнамент есть не что иное, как «5». Пусть от темных участочков в электронный мозг по проводам тотчас понеслись импульсы. Обозначим элемент, попавший в область тени, единицей, а освещенный — нулем. Обегая картинку слева направо и сверху вниз, развернем последовательность единиц и нулей в строку: 111111 100000 100000 111100 000010 000001 000001 000001 10010 111100. Если на «сетчатке» машины появятся другие паркетажи, то и соответствующие им комбинации единиц и нулей (импульсов и пауз) будут иными. Каждое сочетание черных и белых клеточек описывается одним-единственным кодовым числом. Геометрически это интерпретируется так: любому из графических вариантов буквы или цифры отвечает только одна точка со своим, «персональным» набором координат (единиц и нулей). Все возможные начертания той же арабской «пятерки», славянского «буки» или иного образа составят целую семью точек, тесно сгрудившихся в некоем многомерном пространстве. Браверман высказал гипотезу, что каждое такое скопление компактно: оно расположено густой галактикой, не перекрывается соседней, даже не имеет выступов, глубоко вклинивающихся в чуждые пределы.

Такие «рои» довольно легко отграничить друг от друга демаркационной линией, а вернее — поверхностью. Правда, семейства могут соприкасаться в некоторых точках, являющихся «местами общего пользования». Скажем, угловатое 6, оно же округлое Б, относится к классу всех «шестерок» и одновременно к классу всех «буки». А некоторые «уродцы» из множества всех Б окажутся «эрзац-пятерками». Но в большинстве случаев водораздел между

множествами удается проложить без труда. К этому и свел Браверман задачу автоматического узнавания созерцаемых объектов.

Сперва машина обучалась. Ей представляли карточку за карточкой: вот это сплошь пятерки, хотя они и отличаются друг от друга, это тройки, а это двойки. В запоминающем устройстве после каждой демонстрации оседало число — координаты данной точки. В предположении, что точки каждого образа должны ложиться кучно, электронный мозг размежевывал пространство на объемные доли: тут собралась компания из нескольких пятерок, продемонстрированных машине, значит, здесь же удел всех возможных, в том числе еще не показанных, графических вариантов символа 5; там сконцентрировалось несколько троек, стало быть, туда же попадут и все прочие, пока еще незнакомые их сородичи, когда их предъявят машине.

Затем начался экзамен. Машине предъявляли знак такой формы, какой она еще не видывала. Вычислив координаты новой точки, она определяла, куда отнести незнакомца — к вместилищу ли всех двоек, троек или пятерок.

Сотни правильных и лишь несколько ошибочных ответов — такую уверенность дала опознающей машине программа Бравермана.

Трудно переоценить значение этого и других подобных исследований. Уже говорилось, что одна из проблем автоматического перевода заключается именно в создании читающего устройства. (Одно из таких устройств — ЧАРС-65 — разработано недавно в Институте кибернетики АН УССР. Оно воспринимает буквы и цифры, напечатанные любым шрифтом. Скорость считывания во много раз выше, чем у человека, — 200 знаков в секунду.) Но дело не только в новых возможностях, которые открываются перед конструкторами электронных «обозревателей» и «архивариусов».

«Если машину можно научить отличать букву А в любом начертании от буквы Б, — пишет харьковский кибернетик Ю. Н. Соколовский, — то ее можно

принципиально научить и отличать собаку от кошки, несмотря на разнообразие пород и мастей. А если так, то почему бы не научить машину, снабженную фотоэлектрическим глазом, давать словесные описания того, что она видит перед собой?»

Автоматическое опознавание рассматриваемых объектов пригодится прежде всего там, где анализируются изображения (треки ядерных частиц, снимки небесных тел, топографические карты, конструкторские чертежи, типографские корректуры, всевозможные кривые — от кардиограмм до сейсмограмм, наконец, почерки, отпечатки пальцев и так далее). А по мнению специалистов США, электронный оператор следя за экраном радиолокатора, смог бы быстрее человека определять тип судов, самолетов или ракет, попавших в поле его зрения. Не случайно работы над устройством «персептрон» (от латинского «понимать», «познавать») велись Ф. Розенблатом в лаборатории аэронавтики Корнельского университета под пристальным надзором «медных касок», как величают военных сами американцы...

«Узнающую» программу несколько иного типа составил советский ученый М. М. Бонгард. Правда, машину «натаскивали» не на рисунках, ей показывали таблицы. Они содержали по три числа в каждой строке. Скажем, 2, 5 и минус 30 в первой. А во второй — 7, 3 и 84. И так далее. Для всех строчек соблюдался один и тот же закон: произведение первых двух чисел, умноженное на их разность, равнялось третьему числу. По этому правилу строилось несколько таблиц; следовательно, все они принадлежали к одному классу. В таблицах второго и остальных классов взаимосвязь чисел описывалась иными уравнениями. Какими именно — опознающей системе не сообщалось; ей вменялось в обязанность самой расшифровать эти закономерности. Затем электронному «следователю» предъявили таблицу, которой он еще не видел. Числа в ней стояли совсем другие. Разумеется, зависимость была одной из тех, что фигурировали при обучении, но ее опять-таки не раскрывали. Проанализировав новую «цифирь» в сопостав-

лении с уже знакомой, перебрав тысячи всех возможных признаков, автомат в конце концов нащупывал основу для сравнения, улавливал сходство и разницу, определял классовую принадлежность созерцаемого объекта — опознавал его.

Когда же машине, запрограммированной Бонгардом и его сотрудниками, поручили важное практическое дело — отличать нефтеносные пласты от водоносных, — неверных определений у нее оказалось в пять-шесть раз меньше, чем даже у многоопытных геологов!

Состояние слоев вдоль пути, проделанного буром, инспектируется приборами. Регистрируется электропроводность, радиоактивность, другие свойства пород — на поверхность по проводам поступает 10—15 показателей. Ни один из параметров в отдельности не обеспечивает надежной оценки. Только взятые в совокупности результаты измерений позволяют прийти к более или менее определенному выводу. Но даже специалистам самой высокой квалификации успех не гарантирован — настолько сложна общая картина.

Машине продемонстрировали 90 примеров верной индикации — по 45 на нефть и на воду. Затем вручили сразу 180 «экзаменационных билетов» — в каждом предлагалось расследовать свойства незнакомого пласта. Испытуемый не ударил в грязь лицом — лишь в трех случаях не оправдались его прогнозы; люди же, мастера своего дела, на том же самом материале дали больше 15 ложных заключений. Видимо, электронному геологу-новичку удавалось самостоятельно обнаружить еще и такие признаки нефтеносности, которые ускользали от внимания профессионалов, его учителей.

В работе принимали участие математики, биофизики, геологи: М. Н. Вайнцвайг, М. С. Смирнов, В. В. Максимов, А. П. Петров (лаборатория органов чувств Института проблем передачи информации АН СССР); Ш. А. Губерман, М. Л. Извекова, Я. И. Хургин (Институт нефтехимической и газовой промышленности имени И. М. Губкина).

Хорошие результаты получены и на других обучающихся программах (группой ленинградских исследователей под руководством А. Г. Француза, сотрудниками Инстигута автоматики и телемеханики В. Н. Вапником и А. Я. Червоненкисом).

Сам М. М. Бонгард так комментирует описанные работы:

— Философы и журналисты, пишущие о кибернетике, любят заканчивать статью примерно таким заклинанием: раз человек составил программу, значит он передал ей лишь часть своих знаний; посему-де машина никогда не будет умнее своего создателя. Про автомат, узнававший нефтеносность пластов, никак не скажешь, что программисты передали ему свои знания: ведь мы ничего не понимали в геологии! Откуда же программа получила все необходимые сведения? Только за счет наблюдения и, если хотите, «творческого осмысливания» примеров, продемонстрированных при обучении. Других источников информации не было. Становится понятной роль хороших «машинных педагогов» — таких, как Ш. А. Губерман и М. Л. Извекова. Благодаря им универсальная программа, способная решать самые разные задачи, получила специализацию в геофизике. А могла приобрести ее в медицинской диагностике или в промышленной дефектоскопии. И вот ведь что интересно: машина превзошла не только программистов, но даже самих учителей. Когда она сообщила найденные ею признаки, ускользавшие от внимания людей, геологи стали сами, уже без помощи машины, лучше опознавать нефтеносные пласты. Преподаватель и ученик поменялись местами!

Таким образом, опыты с обучающимися программами узнавания положительно отвечают на вопрос: «Может ли робот знать о законах природы больше, чем его творец?»

Уже сегодня машину можно было бы без особой натяжки назвать соавтором некоторых научных работ. Разумеется, никакой мастер не ставит под произведением рядом со своей подписью марку инструмента. Электронный мозг покамест тоже доволь-

ствуется ролью орудия, он беспомощен без интеллектуального поводыря. Но разве знала история техники подобное орудие? И кто возьмется определить грань, где кончается робот и начинается творец?

В соавторстве с электронным анонимом

«Машина может брать тот или иной прибор и самостоятельно проводить физический эксперимент. Автоматизация исследований уже начинает осуществляться при решении таких задач, как, скажем, анализ снимков звездного неба или следов частиц, полученных при фотографировании ядерных реакций. Что касается теоретических наук, основанных на дедуктивных методах, то здесь возникает не менее интересная задача автоматизации самого процесса научного творчества. В области математики это прежде всего процесс доказательства трудных теорем... Я вполне серьезно думаю, что через 20—30 лет можно будет и в самом деле наблюдать такие случаи. Скажем, двое ученых сидят рядом, причем первый не пользуется машиной для доказательств, а второй пользуется. И вот первый, более способный и более трудолюбивый, с удивлением видит, что он делает менее интересные вещи, чем его сосед...»

Этим словам хочется верить больше, нежели чьим-либо иным: они принадлежат лауреату Ленинской премии академику В. М. Глушкову, директору Киевского института кибернетики. Под руководством Виктора Михайловича выполнен целый ряд блестящих работ, подтверждающих справедливость приведенного высказывания. Так, еще в 1958 году глушковцами проведены успешные опыты с машинным доказательством некоторых алгебраических теорем. Аналогичные эксперименты американский математик Ван Хао поставил в 1960 году.

Конечно, автоматизация научного творчества — замысел дальний. Но и те электронные союзники человеческого мозга, что имеются уже сейчас, оказывают исследователям неоценимую услугу.

Обшивка даже небольшого корабля — это сотни и тысячи сложно изогнутых и аккуратно подогнанных друг к другу металлических лоскутов. Вырезают их из плоского стального листа. Такой раскрой — дело далеко не простое. Киевские ученые (Г. А. Спыну из Института автоматики при Госплане АН УССР, Б. Н. Малиновский из Института кибернетики АН УССР и другие) препоручили его автомату. Они создали систему «Авангард» с управляющей машиной широкого назначения УМШН, которой доверили проектирование и изготовление корпусных деталей. Новая технология внедрена на одном из судостроительных заводов. Точность и скорость раскроя повысились. Рабочие и инженеры теперь избавлены от многих трудоемких операций. Ежегодно сберегается 200 тысяч рублей. На очереди автоматизация всего процесса — от проектных чертежей до спуска корабля со стапелей.

Аналогичные программы осуществимы и в строительстве самолетов, ракет, реакторов, ускорителей, на любом производстве. А когда-нибудь машины начнут конструировать самих себя, совершенствуясь из поколения в поколение. Уже сегодня они участвуют в синтезе собственных «органов» — отдельных узлов, схем. Так некоторые радиоэлектронные схемы полупроводниковой машины БЭСМ-6 моделировались на ее ламповой предшественнице — БЭСМ-2. Это помогло «потомку» стать совершеннее своего «предка».

Композитор и литератор, переводчик и библиограф, исследователь и конструктор — в какой еще профессии, на каком поприще проявит себя робот?

Бесспорно, есть такие области, где с автоматизацией можно повременить. Сочинять музыку, писать стихи, играть в шахматы человек хорошо сумеет и стародедовскими способами. Что же касается машинной помощи ученому, инженеру, а особенно производственнику, хозяйственнику, плановику, то без нее просто немыслимо выполнение грандиозных задач, стоящих перед нашей страной.

Специалисты прикинули, что если бы не автоматизация, то в планировании, учете, управлении экономикой к 1980 году было бы занято все взрослое население Советского Союза.

Разумеется, машине можно поручить не только «канцелярские» функции.

Одна из героинь этой главы — уже упоминавшаяся УМШН — управляет выплавкой стали в бессемеровских «грушах». Электронные управляющие агрегаты трудятся на химических и нефтеперерабатывающих комбинатах. Они обслуживают и Единую энергетическую систему СССР, в которую уже вошли электростанции на огромной территории — «от Перми до Тавриды, от финских хладных скал до пламенной Колхиды» — и с каждым годом вливаются все новые. Созвездия электрических солнц загораются на карте Сибири, Казахстана, Средней Азии. Они будут соединены линиями высоковольтных передач с европейскими, причем не только советскими, но и зарубежными — в социалистических странах. Ясно, что дирижировать потоками энергии в артериях такого Левиафана под силу лишь быстродействующим «электронным диспетчерам».

Кстати, машины оказывают помощь и в проектировании самой сети электропередающих коммуникаций, как, впрочем, нефтепроводов, газопроводов, дорог.

Схемы железнодорожных перевозок, рекомендованные машиной, выгоднее для государства на 10—15 процентов, а автомобильных — чуть ли не вдвое. Планирование вручную изживается постепенно и на воздушных трассах.

Список можно дополнить новыми примерами из самых разных областей.

В 1961 году математики Тартуского вычислительного центра подготовили «агрономическую» программу для машины «Урал». Объектом их эксперимента стал производственный план совхоза «Луунья». Счетно-решающее устройство внесло существенные коррективы в намеченное на 1962 год распределение земель под посевы кормовых культур. Советы «Урала»

дали возможность увеличить выход мясо-молочной продукции на 100 гектаров пашни при минимальных трудовых затратах.

Подобные задачи на каждом шагу встречаются в экономической практике. Столетиями они решались на глазок, если не наобум, да и что еще оставалось делать? С карандашом в руках просчитывать все мыслимые комбинации? Но ведь им зачастую несть числа! Эта затея отняла бы целые эпохи. Ничего не попишешь — приходилось порой уповать и на «авось».

К примеру, тот же совхоз «Луунья» поначалу отвел под многолетние травы 694 гектара. А почему не 695? Не 700? Не 500? Не 100? Видимо, так подсказало людям их чутье. Спору нет, эстонские животноводы и хлеборобы на весь мир славятся своим умением вести хозяйство. Однако интуиция — вещь обманчивая. Сколько раз самые, казалось бы, безупречные планы, тщательно продуманные человеком, на поверку (после строгой математической «экспертизы») выходили далеко не лучшими! Вот и «Урал» предложил занять под травы не 694, а 321 гектар; под сахарную свеклу — не 10, а 20; под огородные культуры (морковь, редис, лук) — столько же, сколько намечалось раньше (10 гектаров). Зато под бобовые чуть ли не в 20 раз больше: вместо 17,5 — 331 гектар! Впрочем... опять-таки почему не 330? Не 229, не 228, не 227 и так далее?

Все зависит от критерия, заложенного в программу. Конечно, диктуют его математикам те же агрономы, зоотехники, экономисты — знатоки своего дела. Так что машина лишь выдает то, чего от нее хотели сами специалисты. Но выдает после строго количественного анализа наиболее разумный вариант — не просто хороший, какой, вероятно, нашли бы и люди, а лучший из миллионов.

И здесь огромна заслуга математиков.

Нехитрая вроде бы задача: как наиболее рационально организовать грузопотоки при перевозке зерна от десяти колхозов к трем элеваторам? Если бы электронный мозг, пусть даже самый быстродей-

ствующий, терпеливо перебирал все возможности до единой, он, мягко выражаясь, не управился бы к сроку. Сменились бы миллиарды поколений, сам бы он рассыпался в прах, а своего мнения так и не успел бы сообщить. Собственно, в ответе и нужда бы отпала. Ясно, что программистам шага не ступить без удобных схем, позволяющих резко сузить зону поисков и быстро «запеленговать» в ней нужный результат.

Впервые такой «снайперский» способ был придуман у нас. Его автор — Л. В. Канторович, ныне академик, сотрудник Новосибирского института математики. Еще в 1939 году он опубликовал исследование «Математические методы организации и планирования производства», которое вскоре выросло в целую дисциплину — линейное программирование. Лишь в 1948 году аналогичные работы развернулись в США, причем были вторично получены многие результаты, к которым уже давно пришел Канторович.

Где ты, «ауреа медиокритас»?

Линейное программирование вышло на просторнейшее индустриально-аграрное поле деятельности, охватив широкий спектр задач: о распределении посевных площадей, о составлении кормовых рационов, о перевозках грузов, о построении транспортных и энергетических сетей, о подборе шихты для выплавки чугуна и стали, о проектировании и эксплуатации нефтяных месторождений, о планировании производства, об автоматическом регулировании...

А говорят, все началось с «головоломки фанерного треста»: как лучше всего раскраивать материалы, чтобы поменьше оставалось отходов... Потом частную задачу обобщили: как организовать весь комплекс мероприятий, чтобы добиться максимального эффекта?

Метод Канторовича, этот изумительно эффективный и универсальный инструмент, доступен даже тем, кто не искушен в премудростях высшей математи-

ки, — достаточно постичь школьный курс алгебры. Зачастую выкладки легко и быстро проделываются вручную — карандашом на бумаге, разве что с помощью логарифмической линейки или арифмометра. Правда, при нескольких десятках анализируемых факторов (скажем, типов продукции) без электронных вычислителей уже не обойтись. Сколько же времени теперь отнимают у них подобные многовариантные задачи? Понятно, что не век, не год. Тогда, может, месяц, неделю? Несколько минут! И это у «Стрелы», которая вовсе не слывет чемпионом быстродействия.

Вот что значит остроумное математическое решение! Полученное творцом, оно стало для робота руководством к действию.

Математический аппарат, разработанный Леонидом Витальевичем Канторовичем, оперирует лишь теми функциональными взаимосвязями, которые называются линейными. Графически они изображаются прямыми (не кривыми) линиями. Следствия (результаты) здесь прямо пропорциональны причинам (воздействиям). Удвоил площадь делянки — двукратно вырос и валовой урожай, снятый с нее. Если взять шесть дорог, то одновременно по ним удастся пустить в полтора раза больше грузовиков, чем по четырем.

Между тем встречаются и нелинейные зависимости. Они хорошо знакомы оптикам и радиофизикам. Или вот простой пример из колхозной жизни: время ожидания в очереди, выстроившейся к элеватору, обратно пропорционально количеству пунктов для приема зерна (такая функция изображается кривой — гиперболой).

Состояние системы нередко меняется с течением времени: возьмите летящую ракету, технологический процесс, шахматную партию, военную кампанию. Да и сельскохозяйственное или промышленное производство имеет свою динамику — его показатели в следующем году иные, чем в предшествующем. Здесь применимы другие подходы. Один из них — динамиче-

ское программирование. Его основы заложены американцем Р. Беллманом.

По схеме Беллмана задача предварительно членится на ряд последовательных шагов: в играх это ходы, в работе предприятий — квартальные или годовые планы. Оптимальное решение отыскивается для каждого этапа отдельно, но не близоруко («будь что будет, лишь бы сейчас было хорошо»), а с учетом всей цепочки дальнейших мероприятий. Любая тактическая операция допускает временные потери во имя окончательного стратегического успеха.

Следует, однако, оговориться, что линейное программирование тоже допускает многошаговый анализ, так что оно приложимо и к некоторым динамическим задачам (перспективное хозяйственное планирование, выработка оптимальной стратегии в конфликтных ситуациях, скажем, в сражении — при артобстреле, бомбардировке и так далее).

В наши дни теория оптимального планирования и управления бурно прогрессирует. Родившаяся совсем недавно, она успела богато приумножить доставшееся ей наследие — аппарат классического вариационного исчисления. Создатели его тоже занимались задачами на минимум и максимум, но главным образом в академическом плане (допустим: найти систему линий наименьшей протяженности между несколькими пунктами — это похоже на поиск рациональной транспортной сети). В современном вариационном исчислении, а оно нашло широкое применение в механике, оптике, электродинамике, важные результаты принадлежат М. А. Лаврентьеву, Н. Н. Боголюбову, Н. М. Крылову, Л. А. Люстернику и другим советским ученым.

Новые блестящие страницы в эту главу математики вписаны за последние годы Л. С. Понтрягиным и его учениками. Речь идет о знаменитом «принципе максимума». Он стал теоретической опорой в практике оптимального управления.

Нынешняя технология имеет дело со сложными процессами и агрегатами. Нелегко найти для них наиболее правильную линию поведения, которая обе-

спечила бы максимальную их эффективность. Вот, к примеру, синтез аммиака. Его ведут при сотнях градусов, ускоряя тем самым превращение исходных веществ в конечный продукт. Только вот беда: нагревание стимулирует и обратную реакцию — разложение аммиака на водород и азот. А это явно нежелательно. Понизить температуру? Нельзя: взаимодействие будет слишком вялым. Чтобы непрерывно подбадривать его без ущерба для производительности, давление поднимают до тысячи с лишним атмосфер. А если и того пуще? Да, но тогда придется увеличить затрату электроэнергии, чтобы быстрее вращать моторы компрессоров. Себестоимость продукта незамедлительно поползет вверх. Кроме того, если подать особенно мощный напор, тем паче резко, рывком, то, чего доброго, нарушится герметичность труб или самой камеры. Так недолго и до аварии.

Чрезмерная интенсификация процесса не лучше недогрузки, ибо сопряжена с преждевременным износом установок, с возросшими эксплуатационными расходами, причем ей отнюдь не всегда сопутствует увеличение продуктивности, по крайней мере заметное и оправданное.

Ограничения, ограничения, ограничения — на каждом шагу ограничения. Тем не менее можно и нужно найти среди множества вариантов «золотую середину» («ауреа медиокритас», как говорил Гораций), такое сочетание технологических параметров, которое будет наиболее целесообразным в допустимых пределах, — оптимальный режим. И не только найти его, а поддерживать сколь угодно долго, разумно меняя тактику по ходу дела. Эту проблему призвано решить оптимальное управление. Иногда оно напоминает балансирование на канате: малейшее отклонение в сторону рискованно, ибо грозит потерями — либо из-за нежелательной перегрузки оборудования, либо из-за недоиспользования его резервов. Такие «шатания» нередко обусловлены всякого рода случайностями, неравномерностями, которым подвержена работа любого технического объекта — будь то реактор, самолет или ракета. Умные приборы долж-

ны незамедлительно помочь оступившейся системе, снова направить ее на путь истинный.

Но и сами они, опекуны-регуляторы, наделены далеко не полной свободой действий: их корректирующие усилия тоже ограниченны. Так, мощность двигателя имеет свой потолок, руль ракеты поворачивается не на любой угол, а лишь до упора или до какого-то иного предела.

Эти жесткие рамки поведения в математике выражаются неравенствами: переменная величина, принимая разные значения, всегда остается меньше самого верхнего из них и одновременно больше самого нижнего. Порой ей разрешено достигать их, но никак не превосходить — неравенство дополняется равенствами для одной или обеих крайних точек разрешенного интервала, а математические трудности от этого только усугубляются.

Подобными ограничениями классическое вариационное исчисление не занималось и не интересовалось, так что оно оказалось совершенно беспомощным перед новыми проблемами, поставленными эпохой автоматизации. Взяв его методы на вооружение, теория оптимального управления вынуждена была прибегнуть к их радикальной модернизации. Устаревший арсенал пополнился мощной математической техникой: это прежде всего понтрягинский принцип максимума и беллмановское динамическое программирование. Оба они сводят расчет оптимального управления к вариационной задаче о максимуме или минимуме какого-то главного показателя, характеризующего эффективность процесса (например, суточная производительность промышленного агрегата, запас топлива или промежуток времени, необходимый для того, чтобы вывести спутник на орбиту). Любой основной критерий зависит от регулирующих воздействий.

Его взаимосвязь с ними описывается формулой, куда входят также регулируемые параметры системы. Эта-то функция и исследуется по всем правилам специальной математической процедуры при обязательном условии: найденный результат должен полностью

удовлетворять тому самому набору неравенств, которыми учтены ограничения, наложенные на рассматриваемые факторы. Принцип максимума, подразумевающий использование обыкновенных дифференциальных уравнений, требует почти вдесятеро меньше вычислений, чем динамическое программирование, которое оперирует уравнениями в частных производных (их решение гораздо сложнее). Вот почему метод Понтрягина признан более совершенным. Неспроста сами американцы именно этим способом делают расчеты при выводе спутников на орбиту.

В 1962 году академик Л. С. Понтрягин и его сотрудники — доктора физико-математических наук В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко — за совместный вклад в теорию оптимальных процессов и автоматического регулирования разделили честь называться лауреатами Ленинской премии.

Это крупное достижение советской математики не столько увенчало собой большой труд маленького коллектива, сколько послужило отправным пунктом для дальнейших плодотворных изысканий в том же направлении. По следам москвичей устремились киевляне. В Институте кибернетики АН УССР разработан новый способ решения вариационных задач, синтезировавший идеи Понтрягина и Беллмана. Он позволил подготовить стандартные программы, по которым электронные проектировщики успешно выбирают оптимальные трассы для транспортных, энергетических и газовых магистралей.

Так прогресс математики и кибернетики расширяет возможности счетной техники, увеличивает эффективность ее использования. Впрочем, содействие здесь обоюдное: машина платит сторицей, помогая математике, кибернетике и другим наукам.

Успехи и неудачи «электронного мозга» дали мощный импульс мозгу живому: познай самого себя. Что есть мысль и чувство? Где грань между роботом и творцом? Проникновение в тайны своего естества вручит человеку ключи к самоуправлению и самосовершенствованию.

Без машины как без рук

Человек и машина... Практические выгоды такого союза очевидны.

«Одна из великих проблем, с которой мы неизбежно столкнемся в будущем, — проблема взаимоотношения человека и машины, проблема правильного распределения функций между ними, — писал Норберт Винер в своей последней книге «Творец и робот». — Человеку — человеческое, машине — машинное. В этом и должна, по-видимому, заключаться разумная линия поведения при организации совместных действий людей и машин. В наше время мы остро нуждаемся в изучении систем, включающих и биологические и механические элементы... Одна из областей, где можно использовать такие смешанные системы, — это создание протезов, заменяющих собой конечности или поврежденные органы чувств.

Немалая работа над созданием искусственных конечностей ведется в России, в США и в других странах группой ученых, к которой принадлежу и я. Эта работа по своим принципам намного интересней, так как она действительно использует кибернетические идеи. Искусственные руки уже были изготовлены в России, и они даже позволили некоторым инвалидам вернуться к продуктивному труду».

Летом 1960 года в Москву на I Международный конгресс по автоматическому управлению съехались посланцы разных континентов. Во время одного из докладов к доске подошел 15-летний парнишка. Он уверенно вывел на ней белым по черному: «Привет участникам конгресса!» Писал эти слова безрукий юноша. Брать мел, держать его, вырисовывать буквы, проделывать многие иные манипуляции молодому человеку позволял протез, побуждаемый к достижению цели лишь волей хозяина.

Когда мы хотим взять какой-то предмет, из мозга по нервным волокнам к мускулам-исполнителям тотчас поступает директива: «Сократиться!» Она пред-

ставляет собой серию дискретных биоэлектрических сигналов. Чем сильнее наше желание, тем чаще импульсы.

Пусть теперь у пострадавшего ампутирована часть предплечья. У локтя еще сохранились остатки мышц, двигавших когда-то пальцами. Когда инвалид, используя свой давний навык, пытается согнуть отсутствующую кисть, в недрах усеченной живой ткани возникают скачки электрохимических потенциалов. Их воспринимают электроды, наложенные на культю. По проводам биоточные сигналы передаются в полупроводниковый блок управления, который запросто умещается в кармане. Там они преобразуются в соответствующую команду. Приказ адресуется миниатюрному электромоторчику, который питается от батарейки. Микродвигатель через систему рычажков заставляет искусственные пальцы сжиматься.

«Способ биоэлектрического управления» — так называлось авторское свидетельство от 27 марта 1957 года, выданное советским ученым и инженерам А. Е. Кобринскому, М. Г. Брейдо, В. О. Гурфинкелю, А. Я. Сысину, Я. С. Якобсону. А в конце 1959 года в СССР появилось первое в мире искусственное предплечье, функционирующее по этому принципу.

Гуманное изобретение советских специалистов служит сотням калек у нас и за рубежом, избавляя их от гнетущей беспомощности, возвращая им вместе с трудоспособностью радостное жизнеощущение.

В последние годы автоматами успешно имитируются также и другие органы: сердце, легкие, почка, ухо, даже нос. Неплохое дополнение к электронному мозгу и фотоэлектрическому глазу, не правда ли? Может статься, из таких вот, разве что более совершенных, узлов и смонтируют когда-нибудь искусственное разумное существо...

Биоэлектрическая рука подвела нас к целой коллекции моделей. Перед нами аппараты, которые по своим функциям, порой даже по форме и величине, напоминают тот или иной натуральный объект, в дан-

ном случае физиологический. Что касается конструкционных материалов, внутреннего устройства, то здесь уже сходство весьма и весьма отдаленное, если вообще оно есть. Впрочем, модель всегда отражает лишь некоторые свойства оригинала — те, что наиболее существенны в условиях какой-то задачи. И в зависимости от этого она в одних случаях представляет собой мертвый муляж, в других — действующий макет, в третьих...

...Ровные строчки цифр. Их напечатала на перфокартах электронная вычислительная машина «Киев». Так подытожила она результаты, полученные за несколько секунд. А работа ее заключалась вот в чем: моделировался биологический процесс, начавшийся миллионы лет назад и продолжающийся по сию пору, — эволюция живых существ.

Жизненная среда, ее обитатели, их рождение, размножение и смерть, сохранение и изменение у них наследственных черт от поколения к поколению; гибель особей, не приспособленных к окружающим условиям, и естественное искоренение их рода; выживание лишь тех экземпляров, чье поведение, чьи качества наилучшим образом отвечали суровой действительности; передача этих благоприятных признаков от родителей к детям и закрепление их за потомками—как воссоздать сложную динамичную картину миллионолетней драмы? Ее участники, ее движущие силы, будь они материализованы в виде статичной диарамы или даже кинофильма, оказались бы словно убитыми до появления на свет: ведь в любой серии самых превосходных кадров каждая следующая сцена уже заготовлена заранее, и при новом просмотре она неотвратимо повторится.

Не такую модель реализовали в своей программе, названной «эволютором», киевляне А. А. Летичевский и А. А. Дородницына по идее В. М. Глушкова. Они ввели в цепочку событий элемент случайности, присущий самой природе. Отклонения от первоначальной линии поведения, вызванные у организмов «мутациями», были всякий раз неожиданными. При повторных машинных проигрываниях всей биологической эпо-

пеи отдельные ее фрагменты и результаты не совпадали. Зато еще доказательней выявились общие закономерности, которым подчинены любые случайности.

Так советские ученые создали не мертвую иллюстрацию к дарвиновскому учению, а некое живое подобие исторических событий в биосфере. Член-корреспондент АН СССР А. А. Ляпунов (Новосибирск) и его московская сотрудница О. С. Кулагина — авторы другой аналогичной работы — считают, что на кибернетической модели эволюционного процесса удастся исследовать механизмы естественного отбора.

В «эволюторе» нет ни самих организмов, ни даже простых муляжей. Перед нами не что иное, как набор правил, который превращается в последовательность импульсов в радиоэлектронных схемах машины. Но это самая настоящая модель. Теперь моделирование — неотъемлемая сторона всякого творческого поиска — все чаще осуществляется в «уме», в «воображении» машины.

Вот пример из химической технологии.

Проектирование промышленного аппарата обычно проходит долгий путь постепенного увеличения габаритов. Сначала, конечно, просто колба. Лабораторная установка. За ней укрупненная, опытная, дальше полупромышленная, наконец, заводская.

Но есть иной путь.

Еще в 30-е годы молодой ученый, ныне академик, директор Новосибирского института катализа Георгий Константинович Боресков сформулировал и решил первые задачи по математическому моделированию химических процессов. Его замыслы простирались далеко. Рассчитывать заводские реакторы, минуя канительные промежуточные этапы, не строя полупромышленных установок, а исходя из анализа уравнений, выведенных на основе лабораторных экспериментов... Интересные, бесспорно, в теоретическом плане идеи Борескова пугали тогда громоздкостью и трудоемкостью расчета, требовавшего высокой квалификации как в математике, так и в химии. Поло-

жение изменилось с появлением вычислительных машин.

Подводя итоги 1963 года, президент нашей академии М. В. Келдыш заявил: «Получены первые результаты методов физического и математического моделирования к расчету некоторых химико-технологических процессов, что сокращает сроки перехода от лабораторных опытов к промышленной реализации процессов. Эта проблема настолько важна, что на ней должны быть сосредоточены усилия и химиков, и физиков, и математиков».

Вместо 10—15 лет 2—3 года! В пять раз ускорилось внедрение новых процессов и аппаратов в современную технологию благодаря чудесному катализатору — математическому моделированию с помощью электронных машин.

Краеугольным камнем этого метода стала идея, высказанная Г. К. Боресковым и М. Г. Слинько в 1958 году. Не нужно создавать промышленный реактор в миниатюре! Цель лабораторных экспериментов вовсе не в том, чтобы максимально приблизиться к реальным заводским условиям. Конечно, теплофизические и гидродинамические факторы играют там огромную роль, здесь же они, накладываясь на чисто химические закономерности, только мешают изучить главное — кинетику взаимодействия.

Как же учесть тогда его физические стороны? Например, как переносится тепло вместе с веществом, как оно передается стенкам сосуда и катализатору, как лучше подводить его или отводить. Наконец, существенны и гидродинамические характеристики процесса: ведь реакция идет не в спокойной, неподвижной среде, а в непрерывном потоке!

Все это уже выяснено учеными для подавляющего большинства практически важных процессов. Зачастую можно воспользоваться готовыми результатами. Остается установить химические закономерности и совместить их с физическими, чтобы затем перенести это сочетание в крупномасштабные условия. Как показал член-корреспондент АН СССР Михаил Гаврилович Слинько, такая «проекция» не по плечу теории

подобия, хоть она верой и правдой служит авиаконструкторам и кораблестроителям, испытывающим миниатюрную модель и сразу же пересчитывающим полученные результаты для всамделишного лайнера. Выход из положения — машинный анализ математической модели, то есть всего набора кинетических, теплофизических, гидродинамических уравнений.

С октября 1962 года в Институте катализа установлена «своя» вычислительная машина МН-14. В отличие от цифровых она называется аналоговой. Грубо говоря, явления, протекающие в ее электрических цепях, схожи с теми, что наблюдаются в химическом аппарате, во всяком случае описываются одинаковыми уравнениями — как правило, дифференциальными.

Поневоле вспоминается высказывание Владимира Ильича Ленина: «Единство природы обнаруживается в «поразительной аналогичности» дифференциальных уравнений, относящихся к различным областям явлений». В свое время великий русский кораблестроитель академик А. Н. Крылов также подметил эту особенность. Казалось бы, что общего между движением небесных светил и качкой корабля? «Если написать только формулы и уравнения без слов, — говорил Алексей Николаевич, — то нельзя отличить, какой из этих вопросов разрешается: уравнения одни и те же».

Вот и здесь: с одной стороны — концентрации, температуры, давления, с другой — напряжение электрического тока; законы же их изменения, допустим, сложения (интегрирования), одинаковы.

Машина «превращается» в реактор. Она «в уме» варьирует его характеристики и параметры технологического процесса, отбирая наилучшее сочетание.

Именно так на МН-14 Институтом катализа был опробован новый способ получения формальдегида — важного полупродукта в производстве полимеров. Три-четыре дня моделирования — и перед химиками лежали готовые результаты. Вместе с лабораторны-

ми исследованиями все это заняло меньше четырех месяцев. Расчеты сразу же поступили в конструкторское бюро для проектирования заводского контактного аппарата.

Тем временем Новосибирский химзавод параллельно разрабатывал конструкцию обычным путем. Монтаж, налаживание, пуск одной лишь опытной установки отняли почти год. Предстояла следующая стадия — изготовление и освоение полупромышленного варианта, и лишь после этого можно было приступить к созданию заводского агрегата.

Содружество химиков, математиков и машин высвободило колоссальные ресурсы времени и средств.

Нашествие автоматов, или новая Хиросима старого мира

На примере МН-14 мы впервые столкнулись с аналоговыми вычислительными машинами. Их электронные схемы имеют дело с величинами (напряжениями тока), изменяющимися непрерывно. Вычисления здесь ведутся приблизительно так же, как с помощью логарифмической линейки — там ведь движок с делениями тоже плавно, без скачков скользит вдоль шкалы. Решения зачастую поступают на выход в виде графиков — скажем, на экране осциллографа появляется кривая, изображающая некую функциональную зависимость. Поворот ручки, напоминающей регулятор настройки у радиоприемника, — и яркий зеленоватый контур начинает деформироваться, опять же без резких, четко разграниченных переходов, свойственных кадрам кинофильма. Именно так — плавно, постепенно — варьируются параметры технологического процесса на аналоговой машине.

До знакомства с МН-14 речь шла главным образом о применении цифровых вычислительных устройств. Их называют еще дискретными автоматами, ибо они оперируют, напротив, отдельными число-

выми «квантами» — одинаковыми по длительности электрическими импульсами. В этом смысле они отдаленно похожи на обыкновенные счеты с их костяшками. Или на арифмометр. Свои результаты выдают они, как правило, словно кассовый аппарат чеки, в виде числовых таблиц на перфокартах.

Цифровая машина в отличие от аналоговой способна решать то же самое уравнение с любой наперед заданной точностью, хотя и пользуется приближенными методами. Она не воспроизводит целиком то или иное сложное явление изменением потенциалов в своих схемах, не дублирует его как оно есть, исходя из физических аналогий, но педантично, шаг за шагом просчитывает его по особому, чрезвычайно упрощенному, а потому и намного удлиненному описанию, изложенному на языке арифметических (логических) операций с числами. Это делает ее универсальней. Она способна решать более широкий класс задач, в частности лингвистических, биологических, экономических; даже таких, которые не удается свести к аналитическому, формульному выражению (скажем, в виде дифференциальных или алгебраических уравнений).

Наконец, она может обучаться и сама себя программировать: выполнив какой-то раздел своей программы, вносить, если нужно, исправления и дополнения в следующий его фрагмент. Титулом «электронный мозг» в его современной интерпретации награждаются именно дискретные автоматы.

И все же аналоговая техника при исследовании некоторых сложных динамических процессов, не требующих особой точности, оказывается предпочтительнее цифровой — более громоздкой, требовательной и дорогой. Следует отметить, что устройство непрерывного действия не нуждается в генераторе случайных величин (таковой, если помните, требовался при моделировании эволюции на цифровой машине «Киев»). Элемент случайности здесь уже присутствует — его вносят естественные «шумы», которыми сопровождается работа любых электрических цепей.

Сейчас во всем мире насчитывается около 100 тысяч аналоговых электронных машин. Наиболее многочисленную группу среди них составляют дифференциальные анализаторы (интеграторы). Первый проект такого устройства (механического) английский ученый У. Томсон предложил еще в 1876 году, однако не смог его осуществить: не позволяла тогдашняя техника.

Один из первых механических дифференциальных анализаторов современного типа был создан в 1936—1939 годах членом-корреспондентом АН СССР И. С. Бруком, а из электронных — в 1946 году советским ученым профессором Л. И. Гутенмахером. С 1948—1949 годов электроника прочно воцарилась в аналоговой технике. За интегратором ИПТ-4, разработанным в Институте автоматики и телемеханики АН СССР коллективом конструкторов под руководством доктора технических наук В. Б. Ушакова, последовали ИПТ-5, МПТ-9, МПТ-11, МН-1, МН-7, МН-8, МН-10, МН-11 и уже известная нам МН-14. Есть, конечно, у нас и другие электронные моделирующие установки.

Чем лучше, чем подробнее отражает дифференциальное уравнение какую-то сложную динамическую картину, тем выше его порядок. И тем труднее оно решается (интегрируется). Вот почему к главным показателям, характеризующим математические возможности, так сказать, «интеллектуальную мощь» автомата, принадлежит его способность справляться с уравнениями высшего порядка. Например, шестого — они были по плечу еще машинам ИПТ-4 и МН-3. Шестнадцатого — МПТ-9. А «потолок» МН-14 поднят до тридцатого порядка!

За лаконичными и бесцветными аббревиатурами скрываются изумительные по своему совершенству произведения инженерного искусства. Так, наша знакомая МН-14 представляет собой внушительный электронный агрегат с 8 тысячами полупроводниковых диодов и триодов, с 3100 радиолампами, с 45 километрами проводов. Составленный из пяти секций-«шкафов», он занимает целый зал.

Огромна установка МН-8. В ней 2500 радиоламп, размещенных в полутора дюжинах шкафов. Зато МН-10, изготовленная без единой лампы, весит всего 45 килограммов и занимает лишь половину письменного стола. Это первое в мире малогабаритное аналоговое устройство, выполненное сплошь на полупроводниках. Оно потребляет такую же мощность, что и осветительная лампочка средней руки — 200 ватт.

История цифровой вычислительной техники также уходит в глубь веков — к зарубкам, узелкам, счетам и арифмометрам. Но эра «электронного мозга» началась лишь 20 лет назад.

В 1918 году советский физик М. А. Бонч-Бруевич придумал ламповую радиосхему, получившую наименование триггерной ячейки. В ней изменение одного фиксированного состояния на другое под действием электронного импульса протекает практически безинерционно. Триггеры («спусковые крючки») пришли на смену неповоротливым механическим счетчикам, в которых переход от одного числа к другому, связанный с вращением зубчатых колес или движением якоря реле, осуществляется в тысячи раз медленнее.

Первые цифровые вычислительные машины на вакуумных лампах появились в 1946—1950 годах в США. В 1953 году в СССР вступила в строй БЭСМ, созданная коллективом специалистов во главе с академиком С. А. Лебедевым. Выполняя 10 тысяч арифметических операций в секунду, она долгое время оставалась самой быстродействующей в Европе. Вскоре к ней присоединились «Стрела» и «Урал» (первая сконструирована под руководством Ю. А. Базилевского, вторая — Б. И. Рамеева). А сегодня семья сложных думающих агрегатов так разрослась, что всех ее представителей трудно даже назвать поименно.

Вот, например, полупроводниковая БЭСМ-6. Универсальная. С большой памятью. Быстродействие — миллион в секунду. Ввод и вывод информации (он осуществляется с помощью магнитных лент и бара-

банов, перфокарт и перфолент, телетайпов, печатающих буквы и цифры) — несравненно более медленная процедура. Чтобы не терять времени даром, машина, пока в нее поступают исходные данные и параллельно из нее же встречным потоком выводятся готовые результаты, не останавливается, не ждет. Она занята другой проблемой, ибо может решать сразу несколько задач.

Все многочисленней, все разнообразней с каждым годом славная когорта отечественных счетно-решающих устройств — больших и малых, универсальных и специализированных, цифровых и аналоговых, а также гибридных — дискретно-непрерывных.

«Русские начали работать над вычислительными машинами позже нас, но уже определенно сократили разрыв, — заявил в 1961 году американский ученый Пол Армер. — Они придают большое значение развитию вычислительной техники. В математике русские давно уже заслужили отличную репутацию. В вычислительной математике, я не сомневаюсь, они в общем перегнали Запад... Конечно, проблема высказываний относительно того, кто из нас впереди, является трудной, если не неразрешимой. Единственная статья из прочитанных мною, где заявляется, что США отстают от Советского Союза, — это публикация Грегори Разрана, помещенная в «Сайенс»... С 1955 года в МГУ организованы семинары по кибернетике, которые... имеют целью сближение ученых разных специальностей, объединяемых кибернетикой. Нам сказали, что около 500 физиков обратилось к биологическим наукам. Мы разговаривали и с И. М. Гельфандом, всемирно известным математиком, ныне работающим в области физиологии. Он начал изучать мозг, но переключился на сердце, которое, он считает, устроено много проще. Со знаниями, полученными при изучении сердца, он вернется к исследованию мозга. Нам также рассказывали, что и другие математики работают над психологическими и физиологическими проблемами».

Бурный расцвет кибернетической науки и вычис-

лительной техники в Советском Союзе почему-то до сих пор изумляет зарубежных наблюдателей. Так когда-то дивились они нашим успехам в ядерной физике и энергетике. Так сюрпризом для них оказались наши ракеты и спутники. Видимо, нелегко свыкнуться с мыслью, что СССР — совсем не та Россия, какой она была полвека назад и какой все еще предстает перед Западом со страниц школьных учебников и пропагандистских статей...

(Кстати, 10 марта 1967 года зафиксирован первый результат в шахматном матче между вычислительными машинами СССР и США. На девятнадцатом ходу советская программа объявила мат американской.)

Пол Армер делает вывод: «В свете нашего соревнования с СССР существенно всякое мероприятие в этом направлении, особенно с тех пор, как русские стали отводить проблеме искусственного мозга большую роль, чем мы. Даже если бы русские не были нашими соперниками на пути к этому «техническому Олимпу», все равно нам стоило бы увеличить темпы».

Идея сверхавтомата, безусловно, весьма притягательна для такой технократической страны, как США. Талантливые американские ученые уже немало сделали в этой области и, по всей вероятности, еще большего успеха добьются в будущем. Но...

Что принесут с собой их изыскания?

— Нашествие роботов страшнее, чем кошмар Хиросимы, — все чаще звучит тревога в высказываниях буржуазных и не только американских социологов, хотя многие из них еще вчера слыли ярыми машинопоклонниками.

Откуда столь мрачные прогнозы? Разве автоматизация не благо цивилизации? Неужто она может стать злом? Оказывается, да. Но где же?! «В таком обществе, как наше, открыто основанном на купле и продаже, в котором все природные и человеческие ресурсы рассматриваются как полная собственность первого встречного дельца, достаточ-

но предприимчивого, чтобы их использовать» (Н. Винер).

«Совершенно очевидно, что внедрение автоматических машин вызовет безработицу, по сравнению с которой современный спад производства и даже кризис 30-х годов покажется приятной шуткой, — трезво оценивал ситуацию «отчаянный» поборник идеи «искусственного разума» Н. Винер. — Этот кризис нанесет ущерб многим отраслям промышленности».

По прогнозам британского департамента научно-промышленных исследований через 20 лет 60 процентов рабочих всего капиталистического мира будет вытеснено автоматами. В США, богатейшем государстве, это случится еще раньше — в середине 70-х годов. Уже сейчас там около 2 миллионов человек ежегодно становятся жертвами машинизации — выбрасываются за ворота предприятий.

В ноябре 1960 года автомобильная промышленность Франции вроде бы не переживала кризиса. Тем не менее «Рено», вполне преуспевающая фирма, приняла решение о частичном локауте, ибо «электронный мозг», который ревизовал ее склады и проанализировал рыночную конъюнктуру, посоветовал свернуть производство. Автозаводцы, возмущенные увольнением, разбили вычислительную машину, установленную в Булонь-Бийянкуре. Увы, они обратили свой гнев не по адресу: автомат ведь сообразовывался с интересами своих хозяев...

А программировали машину ученые. Люди, вольно или невольно поставившие свой талант на службу бизнесу. Творцы, которых капитал кнутом и пряником заставил превратиться в беспрекословно подчиняющихся роботов...

Да, немало зависит от того, в чьих руках сосредоточены плоды науки — самые, казалось бы, многообещающие, взращенные самыми благонамеренными садовниками.

В погоне за максимальными прибылями фабриканты форсируют машинизацию своих предприятий,

а она только усугубляет противоречия, присущие самой природе эксплуататорского строя. Возникает заколдованный круг. «Автоматизация несет капитализму социальную угрозу, отказ от автоматизации — экономическую угрозу, — приходят к неутешительному выводу прогрессивные французские публицисты К. Венсан и В. Гроссен в своей книге «Курс на автоматизацию». — Развитие автоматизации, несомненно, окажется могучим средством, доказывающим преимущества социалистической системы над капиталистической».

По свидетельству Дж. Морриса, «автоматизация и другие технологические нововведения, быстро захватывающие американскую экономику, являются для наших рабочих проклятием, а не благом, каким они стали в социалистических странах».

Магия кристаллов

В черепной коробке человека заключен подлинный шедевр инженерного искусства. В скромном объеме, равном примерно полутора литрам, разместилось около 14 миллиардов клеток (нейронов), связанных между собой нервными волокнами. Каждый такой элементик действует по принципу «все или ничего»: он либо возбужден, либо нет; он не срабатывает, если раздражающий его электрохимический импульс не достиг определенного порогового значения, и в этом смысле похож на обычное реле или триггер. Если бы удалось собрать вычислительное устройство по той же схеме, но на лампах, оно превзошло бы по своим размерам высотное университетское здание на Ленинских горах. Оно поглощало бы целиком энергию электростанции — огромной, что-то вроде наших волжских гигантов, в то время как мозг обходится мизерной мощностью — 25 ватт. Но уже в 1961 году известный наш радиоэлектронщик, член-корреспондент АН СССР В. И. Сифоров заявил: «При помощи сверхминиатюрных элементов — искусственных моделей нервных клеток —

удастся разместить в одном кубическом сантиметре около 200 миллионов таких деталей. Это примерно та же плотность деталей, что и в мозгу человека (плотность монтажа электронных элементов машины в 100 тысяч раз меньше). Открылась перспектива для создания новых кибернетических машин с невиданными способностями. Например, емкость их памяти приблизится к человеческой». Захватывающие возможности! Но откуда они? Что случилось?

В радиоэлектронику пожаловали лилипуты.

...«Сенсационное изобретение!» Под таким заголовком американский журнал «Радио ньюс» в сентябре 1924 года напечатал редакционную статью, целиком посвященную работе О. В. Лосева, сотрудника Нижегородской радиолаборатории. Рассказывалось о «кристадине» (кристаллическом гетеродине), как окрестил Олег Владимирович свою новинку — безламповый приемник, значительно более чувствительный, нежели обычные детекторные. В основу конструкции был положен эффект, обнаруженный Лосевым в январе 1922 года: крупицы окиси цинка, включенные по определенной схеме в колебательный контур, обретают способность усиливать и генерировать радиоволны. «Открытие Лосева делает эпоху», — писал журнал, выражая надежду, что вскоре хрупкую и довольно сложную вакуумную лампу заменит специально обработанный маленький кусочек цинкита или нового вещества — простой в изготовлении и нетребовательный в обращении (термин «полупроводник» тогда еще не вошел в языковый обиход).

Секреты кристаллического детектора удалось разгадать лишь после того, как родилась квантовая механика и на ее основе начала быстро прогрессировать наука о твердом состоянии вещества. Огромный вклад в эту область знаний внесла школа академика А. Ф. Иоффе. Сам Абрам Федорович физикой твердого тела увлекся еще до революции, когда работал в мюнхенской лаборатории великого Рентгена. Ступив на пионерскую тропу, он не только

сам прокладывал столбовую дорогу к современной микрорадиоэлектронике, но и сплотил вокруг себя многолюдный коллектив энергичных, талантливых сподвижников. Среди них можно назвать Б. П. Давыдова, В. Е. Лошкарева, С. П. Пекара, Я. И. Френкеля, Б. В. Курчатова, Б. Т. Коломийца, Д. И. Блохинцева, Б. М. Вула, И. К. Кикоина, М. М. Носкова, Ю. П. Маслаковца, А. Н. Арсеньеву.

В 1932 году при Ленинградском физико-техническом институте по инициативе его директора А. Ф. Иоффе вместо прежней небольшой бригады было организовано сразу три лаборатории, где всесторонне изучалась полупроводимость, а через двадцать лет на этой базе возник Институт полупроводников.

Физика твердого тела выяснила механизм полупроводимости.

По медной проволоке прекрасно проходит ток потому, что в ней всегда имеются свободные электроны. А вот в фарфоре их нет совсем — перед нами изолятор. Но и он при некоторых условиях может в какой-то мере уподобиться металлу. Такое бывает, например, при пробое на высоковольтных установках. Разряд произойдет в том случае, если разность потенциалов превысит дозволенный предел. Тогда электроны получат столь мощный «шлепок», вернее, столь солидную порцию энергии, что вырвутся из цепких объятий атомов «на волю», в область проводимости. Квантовой теорией их «освобождение» трактуется как гигантский прыжок через широченную «пропасть» — запрещенную зону. У полупроводников это препятствие сравнительно невелико, у металлов же (проводников) его нет вообще.

Если электрон очутился в полосе проводимости, то что он оставил вместо себя «дома»? Ничего. Пустое место. Выражаясь фигурально — вакансию, а попросту «дырку». Но ведь исчезновение электрона эквивалентно появлению единичного положительного заряда! И если приложить к такому кристаллу раз-

ность потенциалов, ток через него пойдет не только благодаря присутствию электронов в зоне проводимости. Начнется встречное движение зарядов со знаком «плюс», незанятых мест. Представление о «дырочной» проводимости, несмотря на всю его условность, оказалось весьма плодотворным в теоретических расчетах. А предложил его Я. И. Френкель.

Им же введено понятие «экситона» — возбужденного нейтрального состояния, когда электрон, не вполне оторвавшись от атома, остается тесно связанным со своей «дыркой» и если путешествует, то только вместе с ней. Услышав об этой идее, Вольфганг Паули лаконично аттестовал ее так: falsch (грубо говоря «чушь»). Так сказал великий Паули, именем которого назван фундаментальный принцип, служащий опорой при изучении тех же кристаллов...

В наши дни количество книг и статей об экситонах, всеми признанной физической реальности, исчисляется сотнями. В 1936 году развитию этой идеи посвятил свою работу не кто иной, как американец У. Шокли — тот самый, кому в 1949 году довелось создать первый полупроводниковый триод, названный транзистором (от английских слов «трансфер» и «резистор» — «преобразователь» и «сопротивление»).

В 1966 году киевлянам — действительным членам АН УССР А. С. Давыдову и А. Ф. Прихотько, докторам физико-математических наук М. С. Брауде, А. Ф. Лубченко (Институт физики АН УССР), доктору физико-математических наук Э. И. Рашбе (Институт полупроводников АН УССР), ленинградцам — члену-корреспонденту АН СССР Е. Ф. Гроссу, кандидатам физико-математических наук Б. П. Захарчене и А. А. Каплянскому (Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе) присуждена Ленинская премия за исследования экситонов в кристаллах. Вот что писал о значении этих работ академик Б. П. Константинов: «По-видимому, новые экспериментальные и теоретические результаты помогут разобраться

в сущности многих биофизических явлений и химических реакций. Возможно, экситонное состояние кристаллов можно будет использовать для создания новых квантовых генераторов».

Интересна судьба еще одной идеи, высказанной Френкелем и Иоффе в 1932 году.

Как выпрямляется переменный ток на границе между металлом и полупроводником? Скажем, между медью (Cu) и ее закисью (Cu_2O)?

На границе между ними возникает как бы тончайшая плоская перегородка, которая наделена замечательным свойством — односторонней проницаемостью: в зависимости от того, как приложено напряжение, она то почти непроходима для тока, то практически прозрачна, открыта для него настежь. И пропускает его главным образом лишь в одном направлении (от Cu_2O к Cu, но не наоборот), что делает такой двуслойный полупроводник похожим на двухэлектродную радиолампу, способную выпрямлять переменный ток — преобразовывать его в постоянный, правда, не в непрерывный, а в импульсный: ведь он проходит лишь в те моменты, когда разность потенциалов увлекает электроны от катода к аноду. В противном случае лампа «заперта».

Примерно так же работал и лосевский цинкитный детектор, разве что там были взяты не Cu_2O и Cu, а ZnO и Zn. Однако включенный в схему кристадина, он мог еще и усиливать колебания! Но как? В вакуумной лампе (триоде) эта цель достигается введением третьего электрода: между катодом и анодом помещают сетку. Когда нужно, она помогает электронам: притягивая их, она увеличивает густоту и скорость их потока. А что же происходит в полупроводящей пленке на границе ее с металлом?

Размышляя над подобными явлениями, Френкель и Иоффе объяснили некоторые из них туннельным эффектом. Мол, электроны, даже если у них не хватает «силенок», энергии, все же способны иногда просачиваться через запорный слой, имеющий очень небольшую толщину — чуть шире атомных

размеров. Критическая проверка этой теории в последующие годы показала, что в основе выпрямляющего действия на контакте (к примеру, между Cu_2O и Cu) лежит иной механизм. Но мысли советских ученых опередили свое время. «Понадобилось двадцать пять лет бурного развития физики и техники полупроводников, чтобы идея Я. И. Френкеля и А. Ф. Иоффе воплотилась в туннельном диоде, открытом японским ученым Есаки в 1959 году», — писал недавно лауреат Нобелевской премии академик Игорь Евгеньевич Тамм.

Радисты 20-х годов не ведали, сколь важна структурная однородность, химическая чистота и какова роль примесей в тонкой пленке кристаллического детектора. При его изготовлении благоприятное сочетание всех необходимых свойств и условий достигалось случайно. И конечно же, не везде, а лишь на некоторых участках. Приходилось мучительно долго, со всеми предосторожностями зондировать поверхность нежным усиком проволочной спиральки, чтобы нащупать заветную точку. Когда же ее обнаруживали, малейшее сотрясение или атмосферный разряд могли «сбить» ее, нарушить полупроводниковые свойства в месте контакта. И только много лет спустя физика твердого тела, казалось бы, столь далекая от практической радиотехники, подсказала, какая нужна пленка и как получать ее — однородную, прочную, надежную.

Так появился на свет полупроводниковый диод, за ним и триод, в котором роль сетки исполняет промежуточный кристалл с иной проводимостью, нежели у «катода» и «анода», окаймляющих его с обоих боков, как ломти хлеба прослойку масла в сандвиче.

Великое начинается с малого

Рождение транзистора относят к 1948—1949 годам; его считают детищем американского трио: У. Шокли, Дж. Бардина и В. Браттейна. Между тем

справедливости ради следовало бы напомнить, что устройства подобного типа еще в 1937—1941 годах успешно разрабатывал наш соотечественник Л. А. Дружкин.

Изобретательскую деятельность молодого физика прервала война. Тяжело раненный, вынесший пять хирургических операций и полуторагодовое «заточение» в госпитале, Лев Александрович, как и многие его коллеги, надолго был оторван от лаборатории.

Вскоре после войны ученый защитил диссертацию. Темой ее послужил первый в мире полупроводниковый микрофон. Создал же его Дружкин еще до войны. А сколько других важных и интересных достижений советской радиоэлектроники застряло в своем развитии в суровую годину, когда все силы были брошены на разгром фашистских вандалов! Не мудрено, что по некоторым научным результатам оказались впереди люди, спокойно проводившие свои исследования в уютных заокеанских лабораториях, за окнами которых не разорвалось ни одной бомбы.

Невзгоды и лишения, разумеется, не парализовали нашу науку. Но какой ценой доставались ее тогдашние завоевания!

«Зима вот уже недели две стучится в двери. Холод собачий, усугубляемый резкими ветрами (последние особенно характерны для Казани). Дров покамест ни у кого нет. Чтобы достать два литра керосина, приходится проводить полдня в очереди».

Так 25 сентября 1941 года писал своему брату, оставшемуся в осажденном Ленинграде, член-корреспондент АН СССР Я. И. Френкель. С весны 1942 года, находясь в эвакуации, Яков Ильич засел за монографию по кинетической теории жидкостей. Работал он у себя дома. Его апартаменты состояли из крохотной комнаты, где он поселился вместе с женой. Правда, квартирохозяйка предоставила ленинградскому профессору еще и отдельный каби-

нет — полутемную прачечную, где свет еле сочился сквозь узенькую «бойницу», прорезанную в бревенчатой стене. Столом служил кусок фанеры, положенной на колени.

«С весны 1942 года, — сообщает в своих воспоминаниях сын ученого В. Я. Френкель, — когда Казанка — речушка, протекающая через город, освободилась ото льда, на рынках стали появляться ракушки. Из них приготовляли всевозможные блюда, стараясь перцем или какими-либо иными имевшимися в распоряжении специями забить крайне неприятный привкус». Френкелям не раз доводилось отведать подобные деликатесы.

Книга Якова Ильича вышла в 1945 году. Год спустя она увидела свет в Англии. В 1955 году ее перевели в США, а в 1957 году — в Германии. Она была удостоена Государственной премии первой степени.

Судьба Френкеля — лишь один из бесчисленных эпизодов многотрудного и славного подвига, совершенного советской наукой. И наш народ вдвойне горд столь нелегко добытыми победами.

В своем докладе, посвященном 25-летию Октября, прочитанном в ноябре 1942 года на сессии Академии наук в Свердловске, академик Иоффе, называя «важнейшие результаты советской физики, оказавшие влияние на развитие мировой науки», перечислил и работы по полупроводникам. «Советские выпрямители, фотоэлементы и термоэлементы... превышают по своим показателям заграничные образцы».

С тех пор радиоэлектроника сделала новый гигантский скачок вперед.

По свидетельству кандидата технических наук К. И. Мартюшова, заместителя министра электронной промышленности СССР, у нас в 1965 году выпускалось массовыми тиражами около 500 типов полупроводниковых диодов и триодов. Созданы транзисторные телевизоры, магнитофоны, медицинские аппараты, приборы индустриальной автоматики, счетно-решающие устройства.

Недавно на Международной лейпцигской ярмарке высокую оценку зарубежных специалистов получила советская универсальная цифровая вычислительная машина «Раздан-2». Полностью «транзисторизованная», она очень компактна, несмотря на сложность конструкции. Чтобы получить представление о ее габаритах и формах, вообразите письменный стол с поставленным на него небольшим шкафчиком. При быстродействии 5 тысяч операций в секунду «Раздан-2» потребляет не больше 3 киловатт — в несколько раз меньше, чем аналогичные агрегаты, где вместо полупроводников использованы лампы.

А недавно в радиоэлектронной «лилипутии» началась эра микроминиатюризации.

В стандартных полупроводниковых заменителях радиоламп львиная доля объема и веса приходится на защитный футляр, каркас, контакты, крепления и прочие вспомогательные приспособления. Саму же рабочую сердцевину составляет крохотная кремниевая или германиевая пластиночка с вплавленной в нее капелькой индия, сурьмы или иного вещества. Если собрать узел с дюжиной диодов и триодов, то в нем вместе с «полезным грузом» двенадцать раз повторится и его «тара», не говоря уже о том, что между корпусами должно остаться свободное пространство для проволочек и спаев. А нельзя ли увеличить плотность монтажа?

Сначала технологи отказались от «персональных» металлических или стеклянных кожухов, сохранив, если нужно, общую герметизирующую оболочку лишь для всего блока, составленного из многих отдельных элементов. Получились микромодули — крохотные, гораздо меньше конфеты «ирис», «этажерки», где «полочками» служат рельефные, словно вафли, и тонкие, как бумага, диэлектрические плиты из керамических материалов. На такую изолирующую подкладку особым способом, напоминающим полиграфические приемы, нанесен узор, где в роли типографской краски выступают вещества, применяемые в радиоэлектронике. В лабиринте линий и пятен

заключены сопротивления, конденсаторы, катушки индуктивности. Диоды и триоды тоже могут изготовляться в виде пленок, а не только плиточек-таблеток. Таким путем в кубатуру той же «ириски» удается втиснуть тысячи разнообразных деталей.

Один сложный радиоэлектронный агрегат, собранный на лампах, отличался солидной тяжестью (свыше полутонны) и объемистостью (более кубометра). В транзисторном исполнении он «похудел» до трети центнера и «съежился» до 70 литров, а в микромодульном — до 1,5 килограмма и 2 литров (характеристики человеческого мозга). Но и это не предел!

Освоены и все шире внедряются в технику так называемые твердые схемы. Усилителем, генератором или иным типовым блоком становится уже не пакет микромодульных галет, между которыми все-таки есть зазоры, хоть и незначительные, а кусок цельного полупроводникового кристалла, вырезанный, скажем, в виде фольги размерами с двадцатикопеечную монету. В нем нет обособленных изолирующих «полочек». Конечно, он по-прежнему похож на эстамп, но рельеф здесь многоярусный: печатные схемы отдельных узлов наложены одна поверх другой неразъемной «стопкой».

Сложным можно делать не только поверхностный слой такого «бутерброда», но и сам кристалл при его выращивании. Вводя особые примеси, в его недрах создают различные зоны, каждую со своим набором свойств, причем одна такая ячейка эквивалентна лампе, конденсатору, катушке или иному прибору, а весь кристалл — целому приемнику, передатчику или иному радиотехническому устройству.

Да, активное вмешательство в микроструктуру твердого тела позволяет конструировать такие устройства, где в качестве радиодеталей выступает та или иная атомно-молекулярная организация вещества. Новое направление — молектроника (молекуляр-

ная электроника) — открывает захватывающие перспективы. Одна из них — думающий кристалл. А химики проводят исследования и над органическими полупроводниками — гибкими, эластичными. Так, чего доброго, действительно появятся полимерно-электронные Галатеи!

«Микроминиатюризация, ставшая основой подлинного переворота в технике конструирования, теперь все шире проникает в различную аппаратуру, — говорил недавно министр радиопромышленности СССР В. Д. Калмыков. — Для самолетов гражданской авиации разработано бортовое навигационное оборудование с применением микромодулей. Создается электронная АТС, полностью выполненная на интегральных твердых схемах, которая занимает объем в 15—20 раз меньше, чем аналогичная по назначению телефонная станция, выпускаемая в настоящее время. Многоканальные микроминиатюрные капсулы-радиопередатчики значительно расширяют возможности исследования организма человека. Микроминиатюризация начинает внедряться в бытовую радиоаппаратуру... Советские малогабаритные транзисторные приемники пользуются успехом у нас в стране и за рубежом. Интересной новинкой являются разрабатываемые плоские карманные приемники, которые образно можно сравнить с хорошо известными плоскими часами «Вымпел», хотя, конечно, по размерам они будут больше их. К концу пятилетки в радиолах и большей части телевизоров будут использоваться полупроводники. Это повысит их надежность и даст значительную экономию электроэнергии. Новые переносные транзисторные радиостанции весом 800 граммов и портативный радиотелефон окажут большую помощь в организации связи в промышленности, на транспорте, в строительстве и в сельском хозяйстве. Для организации связи в крупных клиниках и учреждениях, где необходимо быстро отыскать и вызвать отдельных сотрудников, создана система персонального вызова. Благодаря использованию полупроводников она надежна в работе и компактна: пульт диспетчера размером с

пишущую машинку, абонентский приемник весит всего 150 граммов».

Вот уж действительно многогранный, драгоценный, прямо-таки «магический» кристалл! Настоящее чудо нашего века.

Сколько же всего их, нынешних «чудес света»? И есть ли среди них «самое расчудесное», которое по праву можно было бы назвать «восьмым»?

Космические ракеты. Ядерные реакторы. Квантовые генераторы и усилители. Радиолокаторы и радиотелескопы. Телевизоры и электронные микроскопы. Ускорители. Вычислительные устройства. Полупроводники. Ими мы восхищаемся сегодня. А вчера человечество восторгалось изобретением радио. Двигателей внутреннего сгорания. Электрических и паровых машин. Часовых механизмов. Еще раньше — огромными и великолепными зданиями или статуями. Когда-то диковинной новинкой были паруса и колеса. Трут и кресало для добывания огня. Каменные топоры. Чем будут гордиться наши потомки?

Величественно возносил к небесам свою огненную корону Фаросский маяк, столетиями повергая в изумление жителей и гостей Александрии. Сегодня туристы довольствуются печальным зрелищем жалких руин. Но есть вещи, перед которыми бессильна быстротекущая река времени.

Архитектор, строитель фаросского чуда, высек на стене маяка, как было приказано, имя богоравного Птолемея Сотера, могущественного и достославного повелителя смертных. Минули века. Отвалилась штукатурка. И под ней открылась свежая, будто только что выведенная надпись: «Сострат, сын Дексифана из Книда, посвятил богам-спасителям ради мореходов»...

Чуда не стало. Сменил царство земное на царство небесное египетский владыка. Ушел из мира сего и Сострат. Однако подлинный творец замечательного сооружения навсегда остался жить в благодарной памяти людей. И все же не только имя сохрани-

лось нетленным. Сострата пережило его дело. Нет, не каменная громада средиземноморского светоча; ее рано или поздно вконец сотрет безжалостное время. Есть наследие более ценное — знания, опыт, откровения, переданные современникам и потомкам. Не будь этой интеллектуальной эстафеты, разве мыслимы были бы нынешние успехи в высотном строительстве, как и вообще в любых областях техники, науки, искусства?

Но все новое, предвиденное нами и неведомое нам, что создадут грядущие поколения, родится на почве, взрыхленной вчера и засеянной сегодня. И как мы пользуемся плодами, которые выращены предшественниками, так наши последователи будут обязаны своими достижениями нашим современникам, нашим соотечественникам, умножившим бессмертный золотой фонд человеческих знаний за короткий период, охватывающий жизнь одного поколения, почти миг, если рассматривать его в масштабах истории, — пятьдесят лет.

Да, информация, накопленная предшественниками, не лежит мертвым грузом. Она непрерывно перерабатывается и пополняется последователями. И чем богаче сокровищница многовекового опыта, тем ненасытнее человеческая любознательность. Какая-то неукротимая сила толкает человеческий ум на поиски нового. Не этот ли беспокойный гений творчества — подлинное чудо природы, чудо всех времен и всех народов? Разве не он преобразил мир, не он создал инженерные сооружения и произведения искусства, удивительные механизмы и машины? Разве не он умножил власть человека над стихией?

Понятно, какое значение для судеб прогресса и цивилизации имеют такие условия, при которых каждый член общества на всей Земле имел бы все возможности для наиболее полного проявления своих творческих способностей — на научном или любом ином поприще.

«Только социализм, — говорил Ленин, — освободит науку от ее буржуазных пут, — от ее порабо-

щения капиталу, от ее рабства перед интересами грязного капиталистического корыстолюбия. Только социализм даст возможность широко распространить и настоящим образом подчинить общественное производство и распределение продуктов по научным соображениям, относительно того, как сделать жизнь всех трудящихся наиболее легкой, доставляющей им возможность благосостояния».



СОТВОРИВШИЕ ЧУДО

Раньше весь человеческий ум, весь его гений творил только для того, чтобы дать одним все блага техники и культуры, а других лишить самого необходимого — просвещения и развития. Теперь же все чудеса техники, все завоевания культуры станут общенародным достоянием, и отныне никогда человеческий ум и гений не будут обращены в средства насилия, в средства эксплуатации.

В. И. Ленин

Праздник Октября! Это парад, колонны демонстрантов, смех, неумолчный говор и оживление на улицах, заздравные тосты дома, в кругу друзей, зарево иллюминации над городом...

Праздник Октября! Это торжественные собрания, подведение итогов, планы на будущее, рой воспоминаний о прошлом...

Праздник Октября... Тогда его встречали совсем в иной обстановке.

...Короткий ноябрьский день быстро погас, и улицы обступила свинцовая мгла. Вместо иллюминации — тревожно мечущиеся лезвия прожекторов. Вместо мажорных маршевых мелодий — зловещие завывания сирены. Никто не ждал праздничного фейерверка, зато в любой момент могли заговорить зенитки, чтобы озарить небо разрывами снарядов. Внутри зданий, за плотно зашторенными окнами, тоже царил полумрак: электрические лампочки свисали с потолка словно для того лишь, чтобы отражать трепещущий язычок керосиновой лампы, а то

и самодельной коптилки. Порой с улицы слышался цокот конских копыт, скрип колес и полозьев — по безукоризненной асфальтовой мостовой разъезжали в стародедовских телегах и розвальнях. Индустриальные и культурные центры середины XX столетия, казалось, неожиданно шагнули в прошлый век... С продовольствием и промтоварами туго. Карточки. Очереди. Воздушные тревоги. Так было, и этого никогда не забыть!

...Тихим июньским утром 1941 года раздались взрывы бомб на сонных улицах мирных наших городов. И вот уже много месяцев подряд стелется едкий дым пожарищ над русской землей от Балтики до Черноморья.

«Солдаты! За два года войны все столицы континента пали перед вами. Ваши знамена развевались на улицах красивейших городов Европы. Осталась только Москва. Вот она — перед вами! Добудьте ее, заставьте ее сдаться — это последняя европейская столица, которая еще не принадлежит вам. Пройдите маршем по ее площадям! Москва — это конец войны. Москва — это отдых. Вперед!»

С таким воззванием обратился Гитлер к группе армий «Центр», авангарды которой окопались у западных столичных окраин. Фюрер уже подписал приказ о преобразовании Кремля в «Музей победы великой Германии». Пресса «тысячелетнего рейха» бубнит как заклинание: «Армия большевиков стерта с лица Земли!»

Армия большевиков отшвырнула отборные части вермахта от ворот Москвы.

Но война еще не кончилась. Умирают от голода и артобстрелов осажденные ленинградцы. Рев моторов и грохот канонады заглушает стоны раненых у залитых кровью берегов Волги. Над Освенцимом и Бухенвальдом стоит густой приторный чад — горят трупы людей, отравленных газами в гитлеровских душегубках...

А на дворе — XX век. Его называют веком небывалого научно-технического прогресса. Неужто мно-

говековая европейская и вся мировая культура обречена на агонию?

Ноябрь 1942 года. Холодный, заснеженный Свердловск. В одном из зданий собрались ученые.

«Пройдут десятилетия. Замолкнут навсегда войны на земле; покроются ржавчиной в музеях орудия, под грозный гром которых мы сегодня ведем заседание Академии наук. Мы верим, что наша борьба за союз всех народов на земле, объединенных общими интересами и нерушимой дружбой, приведет к успеху. Настанет такой великий день, и миллионы людей с любовью, благодарностью оглянутся назад и увидят в новом свете Октябрь 1917 года. Тогда, на переломе человеческой истории, в пламени восстания человечество переступало порог в новую эру — эру социализма. А мы, участники Октября и великих побед социализма, приложим все свои силы, чтобы ускорить победу над всем, что мешает созданию такого единства людей на земле.., чтобы знамя советской науки всегда было впереди...»

Непреклонной верой в силы своего народа, в торжество разума и добра, в светлое будущее человечества исполнены слова академика Емельяна Ярославского. В суровую годину прозвучали они с трибуны юбилейной сессии. Подводя итоги четвертьвекового пути советской академии, выступавшие делились планами мирного развития нашей науки после разгрома врага и искоренения гитлеризма, а в этом никто не сомневался. Не сомневался потому, что именно Октябрьская революция, открыв рабочему, крестьянину, любой кухарке доступ к сокровищам науки и культуры, высвободив дремавшие столетиями творческие силы всего народа, превратила отсталую аграрную Россию в могучее, несокрушимое многонациональное государство с мощной индустрией, способное выстоять перед любой агрессией.

— Академия наук существует уже 217 лет, — говорил тогдашний ее президент В. Л. Комаров. — Царская академия в годы ее наивысшего подъема состояла из 5 лабораторий, 5 музеев, 1 института, 2 обсерваторий и 15 различных комиссий. Общая

численность научных и технических работников составляла 212 человек. Академия наук СССР за четверть века выросла в крупнейший научный центр, объединяющий 76 научно-исследовательских институтов, 7 филиалов в национальных республиках и областях, с самостоятельной сетью научных лабораторий, станций, комиссий и обществ. Контингент сотрудников этих учреждений составляет 5 тысяч человек.

Академик А. А. Байков вспоминал о тех, кого за недолгие полтора года недосчитались ученые в своих рядах. А сколько умов и рук в тылу было отвлечено от мирных дел!

С тех пор минуло 26 лет.

Канул в прошлое зловещий призрак фашизма, так долго витавший над планетой. Изумленный мир понял, что значат наш народ, его строй, его философия, его наука, техника и культура. И не успели еще зарубцеваться кровоточащие раны войны, как мирная советская наука взяла новый разбег. Семикратно в послевоенные годы рукоплескала Шведская академия советским ученым — лауреатам Нобелевской премии. А сколько раз телеграфные агентства всего света в свои сообщения о победах нашей науки включали слова «впервые в мире»! Заработала атомная электростанция под Москвой. С грохотом кромсая льды, повел караваны судов атомный флагман «Ленин». Вышел на космическую орбиту рукотворный спутник Земли. Человек стартовал к звездам и шагнул из кабины корабля в безмолвную пустоту вселенной. Телефотоаппаратура запечатлела в непосредственной близости рябины лунного лика...

Этот список не закончен. И он вообще не имеет конца. Но имеет начало. Его истоки восходят к Октябрю семнадцатого года.

«От полунищей земледельческой царской России до мощной индустриальной державы мира. От малограмотной, бедной и отсталой страны с культурой, доступной лишь немногим избранникам по рождению, до страны с всеобщим средним образованием, с высокими по качеству выпусками 767 высших учеб-

ных заведений, численно превышающими выпуск всех остальных стран Европы, вместе взятых, — таков этот головокружительный 40-летний путь, быть участниками и деятелями которого нам выпало счастье, — говорил президент АН СССР А. Н. Несмеянов в 1957 году. — ...От первенца советской гидроэлектротехники Волховстроя через Днепрострой к гигантским гидроэлектростанциям на Волге и Ангаре... От торфяных станций, подобных Шатурской, до эры атомной электростанции. От тихоходных маленьких самолетов времен гражданской войны до ТУ-104 и искусственного спутника Земли. От арифмометра до БЭСМ, от радиотелеграфа до радиолокатора и телевизора. Таков этот замечательный путь, приведший к увеличению продукции в нашей стране более чем в 30 раз. Замечательным проявлением роста советской науки и культуры, связанным с осуществлением национальной политики Коммунистической партии Советского Союза, политики дружбы между народами СССР, было возникновение и развитие в союзных республиках, ранее бывших колониальными окраинами царской России, своих академий наук. К настоящему времени все союзные республики имеют свои университеты и общее количество их в стране возросло до 36 (против 14 дореволюционных)».

На земле нашей Родины выросли не только новые заводы и фермы, шахты и промыслы, исследовательские лаборатории и учебные заведения.

У нас выросли новые люди. Это они сделали возможным то, что за границей называют «русским чудом». Вот одна из биографий:

«Я родился в Кронштадте в семье балтийского моряка. Отец в начале гражданской войны был убит. На руках моей матери Анны Герасимовны осталось пятеро детей, содержать большую семью моей матери было не под силу. Мне шел одиннадцатый год, но у меня не было детства. Моя мысль стала работать в одном-единственном направлении — уехать в другие места, уехать с младшим братишкой...

...Сурово нас встретила Москва... Приходилось

бедствовать, побираться. Нас немилосердно гоняли с московских вокзалов, на ночь мы устремлялись в город, где в трепетном ожидании тепла забирались в асфальтовые котлы, и вот именно тогда, зимой 1919 года, состоялась моя встреча с чекистами. Неподалеку от Красной площади чекисты «выгребли» из асфальтового котла хилых, замызганных, перепуганных ребят, среди которых был я.

Нас накормили, приодели... В детском доме я стал учиться... По путевке комсомола поехал учиться во 2-й МГУ, в Москву... Моей стихией стала наука».

Это рассказал о себе видный советский генетик, академик Николай Петрович Дубинин. Многие его сверстники также испытали на себе невзгоды гражданской войны и интервенции. У его учеников иная судьба, хотя многим из них тоже довелось пережить тяготы войны во время нападения фашистской Германии. Один из них — молодой биолог Дмитрий Беляев, директор Новосибирского института цитологии и генетики, член-корреспондент АН СССР.

В 1963 году академик В. И. Векслер удостоился американской премии «Атом для мира». Работы советского ученого, лауреата Ленинской премии, получили международное признание. А начинал свой путь он, как и Дубинин: сирота, беспризорник, был он найден у асфальтовых чанов близ Хитрова рынка. Детдом, фабрика, Московский энергетический институт, затем приглашение поступить на работу в Физический институт имени П. Н. Лебедева. «Он был не только выдающимся ученым, но и талантливым организатором. Создатель больших научных коллективов, он был основателем и бессменным директором лаборатории высоких энергий в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне, членом ученого совета института. На этом поприще он сделал многое для укрепления международных связей ученых социалистических стран», — пишет один из многочисленных учеников Векслера доктор физико-математических наук И. В. Чувило. Сейчас он возглавляет бывшую векслеровскую лабораторию.

Еще одна судьба.

«Московский школьник Лева Понтрягин в тринадцать лет потерял оба глаза. Самым тревожным стал вопрос, который прежде был предельно ясен и прост: как дальше учиться? Мальчик внимательно слушал урок и, приходя домой, часами повторял его. А когда в 1925 году девятилетка была окончена, созрело решение поступить на физмат МГУ. О, это было давней мечтой его матери — Татьяны Андреевны. Сама из крестьянской семьи, окончив лишь два класса сельской школы, она так хотела дать единственному сыну высшее образование! Еще в первую мировую войну, когда мужа, счетовода, мобилизовали на фронт, мать стала копить деньги «на университет». Но что мог дать скудный заработок портнихи? И вот грянула революция. Образование стало бесплатным. Первую научную работу Лев Понтрягин выполнил на втором курсе... В двадцать четыре года Л. С. Понтрягин сформулировал закон двойственности. На основе этой теоремы Понтрягин создал новую дисциплину — топологическую алгебру, которая двинула вперед всю математику текущего столетия. За целую серию выдающихся открытий, обогативших мировую науку, Лев Семенович Понтрягин в возрасте тридцати лет был избран членом-корреспондентом АН СССР, а спустя два года получил Государственную премию... Судьба Понтрягина — многотрудный подвиг настоящего человека. Но этот подвиг был бы немыслим без условий, которые дала советской молодежи социалистическая Родина».

Эти слова обратил к читателям журнала «Юность» академик С. Л. Соболев. Сам Сергей Львович тоже прожил нелегкое детство. Он рано лишился отца. Все тяготы по его воспитанию легли на плечи матери-учительницы. В двадцать пять лет — комсомольский возраст! — он был членом-корреспондентом АН СССР, а еще через пять лет, в 1939 году, стал академиком. Сейчас С. Л. Соболев живет и трудится в Новосибирске. Там же, в Сибирском отделении АН СССР, работают и его ученики: академик С. А. Христианович и ректор Ново-

сибирского университета, лауреат Ленинской премии академик И. Н. Векуа. Вместе с председателем Сибирского отделения М. А. Лаврентьевым С. Л. Соболев принадлежит к числу инициаторов новых методов обучения, активного поиска талантов среди нашей молодежи. «Нет ученых без учеников!» — эти слова Михаила Алексеевича Лаврентьева стали лозунгом для ветеранов советской науки.

В 1967 году Ленинская премия вручена старшему научному сотруднику Математического института имени В. А. Стеклова С. П. Новикову. Сергею двадцать восемь лет. Он член-корреспондент АН СССР. Его работы относятся к той самой области, основы которой заложил академик Понтрягин.

Эстафета советской науки передана в надежные руки.

Президент Американской экономической ассоциации Теодор Шульц прямо признал, что СССР «в освоении человеческих ресурсов» преуспеет в большей мере, нежели США: «В русской экономике (а я наблюдал ее собственными глазами и видел многое) меня беспокоит рост числа талантливых людей. Самое поразительное здесь — наращивание человеческого капитала».

В 1963 году у нас было выпущено 129 тысяч инженеров — в три с лишним раза больше, чем в США. Сопоставьте и количество дипломированных инженеров, занятых в хозяйстве обоих государств (по данным того же года): 1 миллион 420 тысяч (СССР) и 675 тысяч (США). Армия научных работников в 1966 году насчитывала у нас 711 с лишним тысяч человек.

На пресс-конференции «Советская наука за 50 лет» президент Академии наук СССР М. В. Келдыш сообщил, что если до Октябрьской революции в стране имелось менее 300 научных учреждений, существовавших главным образом при высших учебных заведениях, то теперь их число в СССР превысило 4 650, а вузов у нас стало более 750.

СССР гостеприимно распахивает двери своих ву-

зов перед посланцами различных стран. Широкую известность за рубежом приобрел Университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы.

В марте 1956 года был организован Объединенный институт ядерных исследований. В нем работают зарубежные специалисты, многие из которых получили образование у нас. В 1967 году чешский ученый, доктор химических наук Иво Звара разделил честь называться лауреатом Ленинской премии с советскими коллегами. Иво Звара окончил химический факультет МГУ. Таких примеров немало.

«Русское чудо» стало не только историческим образцом для других наций; оно стало для них опорой и надеждой.

Сбросив ярмо царизма и капитализма, отстояв завоевания Октября в жестокой схватке с белогвардейцами и интервентами, советские люди открыли новую эру в истории человеческого общества. Они вынесли основную тяжесть войны с фашистскими вандалами, спасли мир от коричневой чумы гитлеризма, помогли многим нациям освободиться от пут буржуазного строя. Они оказывают поддержку некогда угнетенным народам, ставшим на путь самостоятельного развития, содействуют им в воспитании национальной интеллигенции.

Своим опытом, купленным столь дорогой ценой, наши народы, их лучшие представители внесли неоценимый вклад в науку всех наук — марксистско-ленинскую философию.

Этот опыт станет прочным фундаментом коммунизма.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Бобров Лев Викторович
В ПОИСКАХ ЧУДА М., «Молодая гвардия». 1968. 336 стр. На обложке «Эврика».

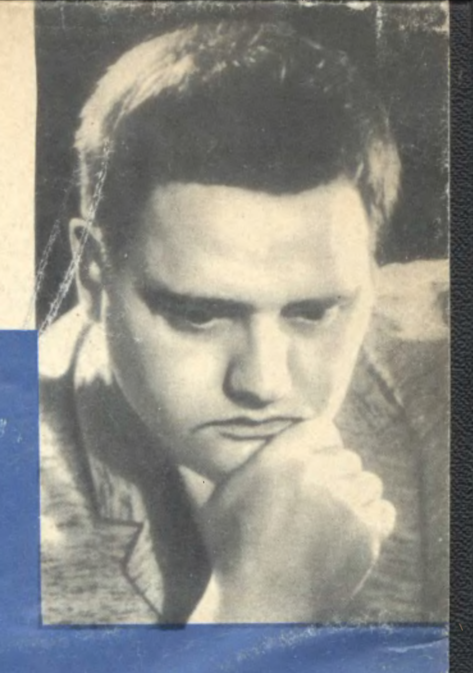
001

Редактор *Л. Антонюк*
Художник *Б. Жутовский*
Художественный редактор *Г. Позин*
Технический редактор *М. Солышко*

Сдано в набор 3/VII 1967 г. Подписано к печати 6/VIII 1968 г. А04617. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага офсетная № 2. Печ. л. 10,5 (усл. 17,64) + + 1 вкл. Уч.-изд. л. 17,4. Тираж 65 000 экз. Цена 65 коп. Т. П. 1967 г., № 99. Заказ 1179.

Типография издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Москва, А-30, Сущевская, 21.

65 коп.



МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ

МОСКВА, 1968

БОБРОВ ЛЕВ ВИКТОРОВИЧ

Окончив в 1959 году химический факультет Московского университета, Л. В. Бобров несколько лет работал в Институте физической химии АН СССР. Близкое знакомство с физической химией дало яркое представление о неразрывной взаимосвязи и глубоком взаимопроникновении самых разных методов и идей современной науки.

Это нашло свое отражение в первых литературных опытах молодого специалиста. Вскоре журналистика стала его профессией. Когда же лабораторные коллоквиумы уступили место редакционным летучкам, внимание автора по-прежнему привлекали гибридные области знания, и о них вскоре были написаны книги «Глазами Монжа — Бертолле», «Математика молекул», «Тени невидимого света». Лев Викторович стремился показать, насколько плодородны распаханные межи, отделявшие некогда химию и биологию от физики и математики.

Следующая книга молодого журналиста — «По следам сенсаций» — была посвящена некоторым спорным, а потому особенно интересным проблемам науки.

Его новая книга — рассказ о советской науке, о ее нелегком, но победоносном полувековом пути.